

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ ПО ВОДНОМУ ГОСПОДАРСТВУ

ІНСТИТУТ ГІДРОТЕХНІКИ І МЕЛІОРАЦІЇ
ВАТ “УКРВОДПРОЕКТ”

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ ОБЛИЦЮВАНЬ
І КРІПЛЕНЬ КАНАЛІВ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

ПОСІБНИК ДО ДБН В.2.4-1-99
“МЕЛІОРАТИВНІ СИСТЕМИ ТА СПОРУДИ”

Київ 2001

УДК 626.82; 627.84; 627.86

РОЗРОБНИКИ:

Інститут гідротехніки і меліорації УААН
акад.УААН Коваленко П.І. – керівник,
к.т.н. Чалий Б.І.,
к.т.н. Чернишевська Л.Ю.,
Шевчук Я.В., Ігнатова О.С.

ВАТ “Укрводпроект”

к.т.н. Дупляк В.Д.,

к.т.н. Сафронов І.П.,

Сердюк А.І.

Держводгосп України

Варницький О.С.,

Тугай В.М.

ЗАТВЕРДЖЕНО Наказом по Інституту гідротехніки і меліорації
№ 189 від 25 грудня 2001 р. і введено в дію з 01.01.2002 р.

ЗМІСТ

1.	ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
	Область застосування.....	3
	Додаткові вимоги.....	3
	Призначення облицювання.....	4
	Конструкції облицювання.....	4
	Основні вимоги до облицювання.....	4
	Розрахунок облицювання.....	5
2.	ТИПИ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛИЦЮВАННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ.....	5
3.	ВИМОГИ ДО ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ ОБЛИЦЮВАННЯ.....	9
	Вимоги до пошукових робіт і характеристик ґрунтів.....	9
	Вимоги до підготовки ґрунтової основи.....	13
	Просадочні ґрунти.....	15
	Набухаючі ґрунти.....	16
	Засолені ґрунти.....	18
	Біогенні ґрунти та мули.....	19
4.	ФІЛЬТРАЦІЙНІ ВТРАТИ ВОДИ 13	20
	КАНАЛІВ.....	
	Вимоги до протифільтраційної ефективності облицювань.....	20
	Стадії фільтрації.....	21
	Розрахунок фільтрації із необлицьованих каналів.....	25
	Розрахунок фільтрації із облицьованих каналів.....	27
5.	РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛИЦЮВАННЯ.....	31
	Загальні положення	31
	Конструктивні вимоги.....	33
	Навантаження і впливи.....	34
	Розрахунок облицювання на температурний вплив.....	40
	Розрахунок облицювання на міцність з врахуванням несучої здатності основи.....	44
	Оцінка стійкості облицювання.....	47
	Конструкції і технології будівництва облицювання, які виконуються бетоноукладальними машинами.....	49
	Збірне облицювання каналів.....	54
	Розрахунок стійкості плит НПК при дії хвиль і спрацюванні рівня води.....	61
	Ґрунтові екрани.....	63
	Ґрунтоплівкові екрани.....	67
	Збірне кріплення залізобетонними плитами на укосах каналів з суглинисто-бентонітовими екранами.....	71
6.	ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛИЦЮВАНЬ У СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ.....	75
7.	РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛИЦЮВАНЬ.....	78
	Вибір типів облицювань залежно від ґрунтових умов.....	78
	Екологічно надійні облицювання.....	81
	Економічна ефективність облицювань.....	84
	ДОДАТОК А. Перелік умовних позначень.....	86

ДОДАТОК Б. Приклад розрахунку монолітного бетонного облицювання.....	87
--	----

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Область застосування

1.1 Технічні вимоги цього Посібника поширюються на розрахунки і проектування облицювань, екранів і кріплень каналів зрошувальних систем: магістральних; міжгосподарських, внутрішньогосподарських - розподільчих різного порядку, які проходять у виїмці, напіввиїмці, насипу у різних геологічних і гідрогеологічних умовах.

1.2 Параметри та конструкції каналів зрошувальних систем повинні забезпечувати:

- мінімальні втрати води на фільтрацію;
- мінімальні площі відчуження земель;
- збереження прилеглих земель;
- комплексну механізацію будівельних робіт;
- мінімальні експлуатаційні витрати.

1.3 Вимоги Посібника можуть бути використані також при проектуванні басейнів, ставків, накопичувачів стоків і дренажних вод і ін.

Додаткові вимоги

1.4 Посібник складено в розвиток вимог ДБН В.2.4.1-99 "Меліоративні системи та споруди".

При проектуванні облицювань каналів зрошувальних мереж, крім вимог даного посібника належить користуватися розділами СНиП 2.02.02-85 "Основания и фундаменты гидротехнических сооружений", СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений", СНиП 3.02.01-87 "Земляные сооружения, основания и фундаменты", СНиП 2.06.05-84 "Плотины из грунтовых материалов", СНиП 2.06.01-86 "Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования", СНиП 3.07.01-85 "Гидротехнические сооружения речные", СНиП 2.01.09-91 "Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах", СНиП 2.06.04-82 "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)", ВСН 34.1-88 і ВСН 34.03-89 "Инженерно-геологические изыскания для гидротехнического строительства", СН 522-79 "Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации гидротехнических сооружений на подрабатываемых горными работами территориях", ВСН 33.2.2.06-86 "Оросительные системы на просадочных грунтах", ВСН 33.2.2.07-86 "Сооружения на набухающих грунтах", СН 551-82 "Инструкция по проектированию и строительству противofiltrационных устройств из

полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов”, а також відповідними ГОСТами по випробуванню ґрунтів, цементу, інертних наповнювачів, бетону, гідроізоляційних матеріалів і іншими нормативними документами, затвердженими або узгодженими Держбудом України.

1.5 Конструкцію облицювань каналів слід призначати на основі техніко-економічного порівняння різних варіантів облицювань, або будівництва закритих трубопроводів замість каналів з урахуванням вартості будівництва, експлуатації, відшкодування земельних ресурсів, втрат води, екологічних вимог.

Призначення облицювання

1.6 Облицювання зрошувальних каналів улаштовуються з метою:

- зменшення фільтраційних втрат води, забезпечення нормативного коефіцієнта корисної дії каналів;
- запобігання підтоплення і засолення земель приканальної зони;
- запобігання недопустимих деформацій русел каналів;
- забезпечення розрахункової пропускної здатності каналу (зменшення шорсткості);
- покращання умов експлуатації і збільшення строків служби каналів;
- підвищення якості води при комплексному використанні каналів для зрошування і водозабезпечення.

Конструкції облицювань.

1.7 У Посібнику містяться вимоги щодо конструктивно-технологічних рішень і розрахунку облицювань з врахуванням інженерно-геологічних, гідрогеологічних і експлуатаційних умов каналів для таких типів облицювань:

- монолітних бетонних і залізобетонних, у тому числі із плівковим екраном;
- збірних залізобетонних, в тому числі із плівковим екраном;
- комбінованих збірно-монолітних з плівковим екраном і без нього;
- збірно-монолітних із підплитним суглинисто-бетонним екраном;
- ґрунтових із ґрунтоплівковим екраном;
- фільтруючих, при виклинюванні ґрунтових вод на укосах.

Основні вимоги до облицювання

1.8 Основними факторами, що визначають експлуатаційну надійність і довговічність облицювань є: ступінь деформаційності ґрунтової водонасиченої основи, клас і якість бетону, розміри і товщина бетонних і залізобетонних карт (плит), а також вплив температурних перепадів, тиску і протитиску води, а при цілорічному наповненні каналів – льодові навантаження.

1.9 Облицювання повинні відповідати таким вимогам:

- мати достатню надійність (стійкість), зберігаючи стабільність експлуатаційних параметрів на протязі 25-річного строку служби;
- сприймати без пошкоджень всі основні навантаження будівельного і експлуатаційного періодів;
- забезпечувати високі протифільтраційні властивості;
- конструкції облицювань повинні задовольняти умови застосування сучасних комплексно-механізованих способів будівництва, забезпечувати зниження матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів, виключати негативні екологічні наслідки (підтоплення, заболочення, засолення земель).

Розрахунок облицювань.

1.10 Бетонні і залізобетонні облицювання при необхідності розраховуються за несучою здатністю (граничний стан першої групи) і за придатністю для нормальної експлуатації (граничний стан другої групи). Розрахунок за несучою здатністю включає перевірку міцності і стійкості окремих елементів. За другою групою граничного стану – оцінка тріщиноутворення, розкриття (розгерметизація) швів.

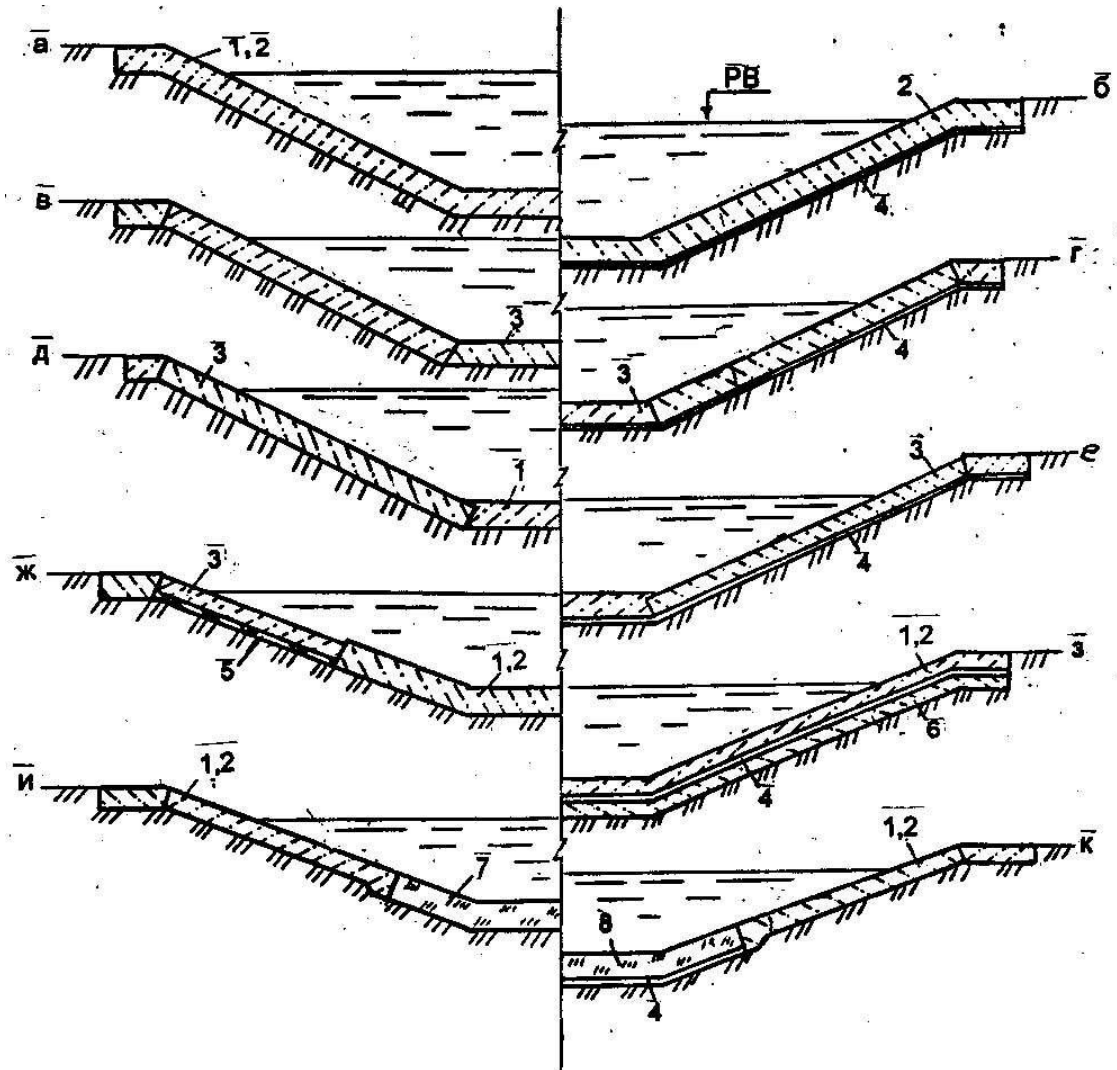
1.11 Розрахунки виконуються для будівельного і експлуатаційного періодів з врахуванням сприйняття статичних і динамічних навантажень, обумовлених дією гідростатичного тиску і протитиску води, льоду, транспортних засобів і механізмів. у розрахунках на тріщиностійкість враховуються температурний вплив і деформації ґрунтової основи.

1.12 Оцінку несучої здатності рекомендується проводити за методом розрахунку плит на пружній основі. Стискуючі і розтягуючі напруження в облицюванні при розрахункових навантаженнях не повинні перевищувати відповідні розрахункові значення опорів, рекомендованих тимчасово діючими СНиП 2.06.08-87 і СНиП 2.03.01-84 “Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений”.

2 ТИПИ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛИЦЮВАННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

2.1 Облицювання зрошувальних каналів класифікуються за ознаками застосованого матеріалу, ступеню водопроникності, конструкції і розташування деформаційних і жорстких (будівельних) швів, якості ґрунтової основи (деформаційності, водопроникності), рівня ґрунтових вод і умовами експлуатаційного спрацювання рівнів води у каналах. Основні типи протифільтраційних облицювань приведені на рис. 2.1.

2.2 При проектуванні рекомендується застосовувати наступні типи протифільтраційних облицювань:



а – монолітне бетонне чи залізобетонне; б – монолітне залізобетонне по плівці;
 в – збірне залізобетонне; г – збірне залізобетонне по плівці; д – комбіноване збірно-
 монолітне; е – комбіноване збірно-монолітне по плівці; ж – комбіноване збірно-
 монолітне з суглинисто-бетонним екраном; з – двошарове монолітне бетонне чи
 залізобетонне по плівці; и ґрунтовий екран; к – ґрунтоплівковий екран.

1 – монолітний бетон; 2 – монолітний залізобетон; 3 – збірна плита; 4 –
 поліетиленова плівка; 5 – суглинисто-бентонітовий екран; 6 – бетонна підготовка; 7 –
 глинистий екран; 8 – ґрунтоплівковий екран.

Рис. 2.1 Типи протифільтраційних облицювань

- тип 1 - монолітне бетонне;
- тип 2 - монолітне залізобетонне;
- тип 3 - монолітне бетоноплівкове;
- тип 4 - монолітне залізобетонне на плівці;
- тип 5 - збірне залізобетонне;
- тип 6 - збірне залізобетонне по плівці;
- тип 7 - комбіноване збірно-монолітне;
- тип 8 - комбіноване збірно-монолітне по плівці;
- тип 9 - комбіноване збірно-монолітне із суглинисто-бентонитовим екраном;
- тип 10 - двошарове монолітне залізобетонне із плівковим екраном;
- тип 11 - ґрунтовий екран (глини, суглинки);
- тип 12 - ґрунтоплівковий екран;
- тип 13 - фільтруюче із щебеню або бетону із дренажними отворами (при виклинюванні ґрунтових вод на укосах).

2.3 Тип і конструкція облицювання залежить від діючих навантажень, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов, режиму експлуатації каналу на протязі року, способів виконання робіт, вимог по охороні навколишньої території, а також техніко-економічних показників варіантів. Вирішальним при виборі типу облицювання є якість основи – ступінь її деформаційності і водопроникності.

2.4 Протифільтраційні облицювання застосовуються на каналах різної категорії (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Категорії каналів залежно від глибини води

Категорії каналів	Глибина води, м
I	⊕ 3
II	1,5 - 3
III	1,0 - 1,5
IV	0,5 - 1,0

2.5 За функціональним призначенням облицювання поділяються на дві основні групи:

- протифільтраційні – зменшують фільтраційні втрати води, якщо водопроникність основи більше водопроникності облицювання;

- захисні – захищають русло каналу від розмиву і механічних пошкоджень льодом і плаваючими предметами, а водопроникність при цьому рівна або менша водопроникності облицювання.

2.6 Монолітні бетонні і залізобетонні облицювання рекомендується застосовувати на міцних і стійких основах, які мають високу водопроникність. Товщину бетонного покриття визначають розрахунком з урахуванням фізико-механічних характеристик ґрунту.

2.7 Монолітні бетоноплівкові і монолітні залізобетонні по плівці облицювання застосовують у складних гідрогеологічних умовах і випадках, коли потрібно мінімізувати фільтраційні витрати.

2.8 Збірні залізобетонні плити по плівці і без неї влаштовують на ґрунтах з низьким коефіцієнтом фільтрації ґрунту і відповідно підготовленій основі плити укладають більшою стороною перпендикулярно осі каналу.

2.9 Комбіноване облицювання рекомендується застосовувати у випадку неоднорідності ґрунту по змоченому периметру каналу.

2.10 Двохшарове монолітне залізобетонне із плівкою облицювання застосовується на суфозійно нестійких ґрунтах.

2.11 Ґрунтові екрани з глини, суглинку влаштовують на ґрунтах з малим коефіцієнтом фільтрації. Для захисту укусу, який знаходиться в зоні спрацювання рівнів води у каналі, застосовують покриття із збірного або монолітного залізобетону.

2.12 Ґрунтоплівкові екрани, як правило застосовують на каналах, які мають значні розміри і експлуатуються цілий рік. У зоні спрацювання рівнів води також застосовують покриття із збірного або монолітного залізобетону.

2.13 Кріплення із щебеню або бетону із дренажними отворами влаштовують у випадку, коли рівень ґрунтових вод вище рівня води у каналі.

3 ВИМОГИ ДО ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ ОБЛИЦЮВАННЯ

Вимоги до пошукових робіт і характеристик ґрунтів

3.1 Інженерно-геологічні і гідрогеологічні розвідувальні роботи повинні проводитись у відповідності з вимогами ВСН 33-2.1.06-90 “Гидромелиоративные системы и сооружения. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания”, ВСН 34.1-86, ВСН 34.03-89; “Инженерно-геологические изыскания для гидротехнического строительства”. Аналіз і оцінка інженерно-геологічних умов по трасі каналу виконуються на основі результатів інженерно-геологічних і гідрологічних розвідувальних робіт з врахуванням досвіду будівництва і експлуатації існуючих каналів у подібних умовах, можливих варіантів конструкцій облицювань з врахуванням відповідних навантажень, умов будівництва та особливостей експлуатації запроектованого каналу.

3.2 За результатами інженерно-геологічних і гідрологічних розвідувальних робіт та досліджень визначаються:

- інженерно-геологічна будова і літологічний склад товщі ґрунтів з виявленням непридатних фізико-геологічних і інших (просадки, випинання, набухання і усадки, засолення ґрунтів, карст, зсуви, гірські виробки і т.п.);
- гідрогеологічні умови з визначенням рівнів підземних вод, амплітудою їх коливань і величин витрат води, наявності гідравлічних зв'язків горизонтів вод між собою і водоймами, розташованими поблизу, а також відомості про агресивність вод до матеріалів облицювання;
- відомості про ґрунти траси каналу з описанням послідовності напластування, форм і розмірів залягання ґрунтових утворень і складів та стан ґрунтів.

3.3 Для виділених шарів ґрунту визначаються водно-фізичні і фізико-механічні властивості, а саме: щільність, вологість, коефіцієнт пористості, показники пластичності і консистенції, коефіцієнт фільтрації, повна вологоємність, величина і тиск набухання, дисперсність, розмокання ґрунту і висота капілярного підняття, кут внутрішнього тертя і питоме зчеплення, компресійні властивості (модуль деформації, коефіцієнт стискування і консолідації).

3.4 Для просадочних ґрунтів визначається відносне просідання при побутовому і додатковому тисках на ґрунт, величина початкового просадочного тиску і початкової критичної вологості.

3.5 При інженерно-геологічному обґрунтуванні вибору типу і конструкції облицювання при необхідності додатково проводяться:

- польові фільтраційні роботи, включаючи дослідне відкачування із свердловин, що використовуються для визначення коефіцієнтів фільтрації ґрунтів, дослідні наливання у свердловини того ж призначення, дослідні наливання у шурфи для визначення коефіцієнтів фільтрації суглинистих і супіщаних ґрунтів, розташованих вище рівнів ґрунтових вод;
- дослідне замочування просадочних ґрунтів на ділянках каналу з різними літологічними і геоморфологічними комплексами;
- перевірка ефективності прийнятих протифільтраційних конструкцій у польових умовах, яка проводиться проектно-пошуковою організацією.

3.6 Коефіцієнти укосів облицювання каналів повинні співпадати з коефіцієнтами укосів ґрунтової основи, вказаними у таблиці 3.1, і можуть бути зменшені за умови застосування прогресивних методів виконання будівельних робіт. При довжині укосів більше 5 м і в місцях проходження траси каналу у складних інженерно-геологічних умовах коефіцієнти укосів слід визначати за результатами розрахунку стійкості.

Таблиця 3.1 - Рекомендовані укоси каналів залежно від ґрунтів, формуючих русло.

№№ пп	Ґрунти	Укоси	
		підводні	надводні
1	Галечник і гравій з піском	1,25 - 1,5	1,0
2	Глина, суглинок важкий і середній і торф потужністю до 0,7 м, підстелений цими ґрунтами	1,0 - 1,5	0,5 - 1,0
3	Суглинок легкий, супісок або торф потужністю до 0,7 м, підстелений цими ґрунтами	1,25 - 2,0	1,0 - 1,5
4	Пісок дрібнозернистий або торф потужністю 0,7 м, підстелений цими ґрунтами	1,5 - 2,5	1,0 - 2,0
5	Пісок пилуватий	3,0 - 3,5	2,5
6	Торф із ступенем розкладання до 50%	1,25 - 1,75	1,25
7	Торф із ступенем розкладання більше 50%	1,5 - 2,0	1,5

3.7 При забезпеченні гарантованої стійкості обводнення ґрунтових укосів каналу при необхідності передбачаються:

- оцінка несучої здатності і фільтраційної міцності основи;
- оцінка рівня деформаційності облицювання під впливом залишкових деформацій ґрунтової основи.

3.8 Ґрунти основи облицювання можуть знаходитися у трьох станах по щільності:

- нормально ущільнений із щільністю, що суттєво не змінюється після водонасичення під дією експлуатаційних навантажень (стабільна щільність);
- недоущільнені ґрунти переважно просадочні, які після водонасичення ущільнюються із порушенням структури, спричинюючи просадочні деформації (недоущільненими можуть бути і інші типи ґрунтів);
- переущільнені глинисті ґрунти (суглинки, глини), які після водонасичення набухають, досягаючи значень стабільної щільності при експлуатаційних навантаженнях.

3.9 Стабільна щільність сухого ґрунту ρ_d (г/см³), яка задовольняє умови стійкості укосів і допустимої деформаційності облицювань, як правило, знаходяться у межах 1,55 - 1,60 – дрібнозернисті і пилюваті піски; 1,70 - 1,75 – супіски; 1,60 - 1,65 – суглинки легкі і лесовидні; 1,55 - 1,65 – суглинки важкі; 1,45 - 1,55 – глини пісні і пилюваті.

3.10 Зведення якісних насипів необхідно виконувати згідно вимог СНиП 2.06.05-84 “Плотины из грунтовых материалов”. При цьому щільність ґрунту і оптимальну вологість визначають лабораторним методом стандартного ущільнення по ГОСТ 22733-77 “Грунты. Методы лабораторного определения максимальной плотности. СоюздорНИИ” з подальшим корегуванням щільності за результатами дослідного ущільнення у польових умовах для кожного типу ґрунту і ущільнюючих механізмів (СНиП 3.02.01-87). Відхилення від необхідної щільності і вологості у виробничих умовах повинні погоджуватися з проектною організацією.

3.11 В особливих умовах при будівництві на просадочних і набухаючих ґрунтах потрібно виконувати вимоги ВСН 33.2.2.06-86 “Оросительные системы на просадочных грунтах” і ВСН 33.2.2.07-86 “Сооружения на набухающих грунтах”.

3.12 На ділянках суфозійно-нестійких ґрунтів і зсувних проявів необхідно застосовувати облицювання з підвищеною водопроникністю і улаштування дренажу для відведення води.

3.13 На нормально ущільнених ґрунтах не схильних до просідання, набухання і випинання не потрібні спеціальні заходи по підготовці основ під облицювання, проектування і підготовка основ виконуються у відповідності до вимог СНиП 2.02.02-85 “Основания гидротехнических сооружений” і СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

3.14 Основи під облицювання повинні мати запас по ґрунту від 4 до 8 см на зрізання і кінцеве планування. Різниця між щільністю ґрунту основи в межах карт бетонування (плит) не повинна перевищувати 0,04 г/см³

3.15 У випадках наявності в основі крупних фракцій розміром більше 0,25 товщини бетонного облицювання слід передбачити улаштування підготовчого вирівнювального шару товщиною 0,05-0,10 м із суглинків, а при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні – із низькостійкого бетону. Якщо основа сформована дресвяними, гальковими або гравійними ґрунтами, то при укладанні плівкового екрану необхідно передбачити улаштування підготовки товщиною 0,10-0,15 м із супісків і суглинків. Не допускається в основі наявність “сухих” грудок ґрунту, каміння, залишків коріння, які можуть пошкодити плівку.

3.16 При наявності у основі шарів з різними деформаційними характеристиками допускається у розрахунках приймати значення середнього модуля деформації:

$$E_{cp} = \frac{E_1 H_1 + E_2 H_2 + \dots + E_n H_n}{H_1 + H_2 + \dots + H_n} \quad (3.1)$$

де $E_{1,2,\dots,n}$ і $H_{1,2,\dots,n}$ – відповідно модуль деформації і товща шарів.

3.17 Фракції ґрунтів основ за розміром діляться на такі види:

- галька, щебінь - 10-60 мм;
- гравій, дресва, хрящ - 2-10 мм;
- піщані: крупні – 2-0,5; середні – 0,5-0,25; дрібні – 0,25-0,1; тонкі – 0,1-0,05 мм;
- пилуваті: крупні – 0,05-0,01 мм; дрібні – 0,01-0,005 мм;
- глинисті – 0,005 мм.

3.18 Класифікація піщаних ґрунтів за крупністю фракцій, їх вмістом у масі сухого ґрунту:

- пісок гравійний ☉ 2 мм – ☉ 25%;
- пісок крупний ☉ 0,5 мм – ☉ 50%;
- пісок середній ☉ 0,25 мм – ☉ 50%;
- пісок дрібний ☉ 0,1 мм – ☉ 75%;
- пісок пилуватий ☉ 0,1 мм – ☐ 75%.

Ступінь неоднорідності пісків по зерновому складу оцінюється за формулою:

$$U = d_{60} / d_{10} \quad (3.2)$$

де d_{60} , d_{10} – діаметри частинок, дрібніше яких у ґрунті міститься відповідно 60 і 10% за масою.

При $U \geq 3$ піщані ґрунти відносяться до неоднорідних.

3.19 Класифікація пилувато-глинистих ґрунтів за числом пластичності I_p :

- супісок: твердий ☐ 0, пластичний 0-1, текучий ☉ 1;

- суглинок і глина: тверді 0, напівтверді 0-0,25, тугопластичні 0,25-0,5, м'якопластичні 0,5-0,75, текучопластичні 0,75-1, текучі 1.

Показник консистенції глинистих ґрунтів

$$I_p = (W - W_p) / (W_L - W_p),$$

де W – природна вологість.

3.20 Орієнтовні значення середньої пористості окремих ґрунтів : пісок – 35%; глини – $35/n = (1 - \rho_d / \rho_s) 100$,

де ρ_d – щільність сухого ґрунту; ρ_s – щільність часток ґрунту (глини 2,74; суглинки 2,71; супіски 2,70; піски 2,66 г/см³).

3.21 Основою для протифільтраційних облицювань можуть служити ґрунти з різними величинами коефіцієнтів фільтрації.

Таблиця 3.2 - Орієнтовні значення коефіцієнту фільтрації різних ґрунтів.

Ґрунт	K_f , м/с	K_f , м/добу
Глина	$1 \leq 10^{-9}$	$8,64 \leq 10^{-5}$
Суглинок	$1 \leq 10^{-9} - 1 \leq 10^{-7}$	$8,64 \leq 10^{-5} \dots^{-3}$
Супісок	$1 \leq 10^{-8} - 1 \leq 10^{-5}$	$8,64 \leq 10^{-4} \dots^{-1}$
Пісок:		
Пилуватий	$1 \leq 10^{-7} - 1 \leq 10^{-5}$	$8,64 \leq 10^{-3} \dots^{-1}$
Мілкий	$1 \leq 10^{-5} - 1 \leq 10^{-4}$	$8,64 \leq 10^{-5} - 8,64$
Середньої крупності	$1 \leq 10^{-5} - 1 \leq 10^{-4}$	$0,864 \leq 10^{-5} - 8,64$
Крупний	$1 \leq 10^{-4} - 1 \leq 10^{-3}$	$8,64 - 86,4$
Гравій, галька	$1 \leq 10^{-3} - 1 \leq 10^{-2}$	$86,4 - 864$

Вимоги до підготовки ґрунтової основи

Протифільтраційна ефективність і довговічність бетонних облицювань залежать від якості основи, яка повинна бути міцною і стійкою.

3.22 Для забезпечення довговічності, експлуатаційної надійності і економічності системи “облицювання – основа” проектом повинні передбачатися:

- оцінка несучої здатності основи;
- оцінка стійкості природних і штучних укосів;
- визначення величини переміщення облицювання внаслідок деформованості основи;
- оцінка фільтраційної міцності основи;

- розробка інженерних заходів, які сприяють зменшенню фільтраційних втрат і забезпеченню необхідної довговічності системи “облицювання – основа”;

3.23 До основних заходів, що підвищують несучу здатність основи, відносяться:

- влаштування геометричної форми русла із коефіцієнтом укосів, які забезпечують загальну їх стійкість при всіх заданих режимах експлуатації;
- захист ґрунтів основи ложа від тривалих розущільнюючих атмосферних впливів;
- захист основи від проникнення атмосферних опадів через заплічки під облицювання у будівельний період
- забезпечення відведення фільтраційних вод системою дренажів, підтримка заданого (допустимого) рівня ґрунтових вод за облицюванням;
- підвищення модуля деформації ґрунту основи за рахунок додаткового ущільнення;
- переробка вивітрілих вапняків з наступним їх ущільненням до проектної щільності;
- часткової або повної заміни структурно-нестійких шарів основи ґрунтами, відповідаючими проектним міцнісним і деформаційним показникам;
- ліквідація можливої просадки у просадочних ґрунтах II і III категорії;
- влаштування бетоно-щебенистої підготовки;
- ін'єкція цементно-піщаним розчином порожнини під облицюванням.

3.24 Основою облицювань зрошувальних каналів можуть слугувати наступні типи ґрунтів:

- гравійно-галькові ґрунти із суглинистим і супіщаним заповнювачем різного процентного вмісту;
- вивітрілі різномірні вапняки;
- піски гравійні, крупні, середньої крупності;
- дрібні пілуваті;
- супіски: легкі пілуваті, легкі, важкі, важкі пілуваті;
- глини: піщані – пілуваті і жирні.

3.25 Ґрунти основи облицювань повинні мати щільність сухого ґрунту не нижче величини норм, наведених у таблиці 3.3.

3.26 Орієнтовні значення оптимальної вологості для ґрунтів допускається призначати у відповідності з таблицею 3.4.

Таблиця 3.3 – Оптимальна щільність ґрунтової основи

Ґрунти	Необхідна щільність сухого ґрунту в насипу ρ_d , г/см ³	Найбільша вологість, при якій можлива необхідна щільність, W , %
Гравійно-галькові з суглинистим супіщаним заповнювачем	1,80-2,10	10-12
Вивітрілі різнорідні вапняки	1,84-1,92	12-16
Піски мілкі і пилюваті	1,55-1,60	без обмежень
Супіски	1,70-1,75	16-18
Суглинки легкі і лесовидні	1,60-1,65	20-22
Суглинки важкі	1,55-1,60	22-24
Глини пісні і пилюваті	1,45-1,55	25-29

Таблиця 3.4 - Оптимальна вологість ґрунтової основи

Ґрунти	Значення оптимальної вологості ґрунту, $W_{\text{опт}}$, %
Гравійно-галькові: щебенисті	3 – 5
дресвяні	5 – 7
Вивітрілі різнорідні вапняки	5 – 13
Піски: гравійні	4 – 6
крупні	6 – 8
середньої крупності	7 – 9
Піски мілкі і пилюваті, мілкі одномірні	8 – 10
Супіски	8 – 14
Суглинки легкі	12 – 16
Суглинки важкі	16 – 22
Глини	18 – 26

3.27 Оптимальну вологість необхідно визначати на основі результатів досліджень ґрунту методом стандартного ущільнення і уточнювати її при дослідному ущільненні у виробничих умовах для кожного виду ґрунту і для кожного типу ущільнюючих машин.

Просадочні ґрунти.

3.28 До просадочних ґрунтів відносяться ґрунти, які при замочуванні дають додаткове осідання під дією власної ваги або зовнішнього навантаження.

По проявленню просідання лесові ґрунти розподіляються на дві категорії:

I – просідання можливе від зовнішнього навантаження, а від дії власної ваги відсутнє або не перебільшує 5 см;

II – просідання можливе від дії зовнішнього навантаження, а від власної ваги перебільшує 5 см.

Друга категорія розподіляється на :

II а – слабпросадочну при просіданні (см) 5 – 15 см;

II б – середньопросадочні 15 - 50 см;

II в – сильнопросадочні більше 50 см.

До просадочних відносяться ґрунти з відносним просіданням $m_{sl} \geq 0,01$.

Відносне просідання визначається при компресійних дослідках за формулою

$$m_{sl} = (h' - h_{кр}) / h_0 \text{ або } m_{sl} = (e' - e''_{пр}) / (1 + e_0) \quad (3.3)$$

де h' і e' – висота і коефіцієнт пористості зразку природної вологості, обжатого тиском σ' від власної ваги σ'_6 і зовнішнього навантаження на заданій глибині;

$h_{кр}$ і e_0 – висота і коефіцієнт пористості зразку після замочування водою при тиску σ' або σ'_6 ;

h_0 і e_0 – висота і коефіцієнт пористості зразку природної вологості обжатого тиском σ'_6 .

3.29 Деформації основи, складеної просадочними ґрунтами, визначаються осіданням і просіданням. Осідання основи визначається без урахування просадочних властивостей ґрунту при сталій вологості (СНиП 2.02.01-83 і СНиП 2.02.02-85).

3.30 Геотехнічними характеристиками просадочних ґрунтів являються:

- 1) відносна просадочність m_{sl} ;
- 2) початковий просадочний тиск P_{sl} – мінімальний тиск, при якому проявляються просадочні властивості при повному водонасиченні ($S \geq 0,8$) при дослідках в компресійному приладі P_{sl} приймає значення, при якому $S_{sl} = 0,01$;
- 3) початкова вологість W_{sl} , при якій проявляються просадочні властивості ґрунтів.

Набухаючі ґрунти

3.31 До набухаючих відносяться зв'язані (пилувато-глинисті) ґрунти, які при замочуванні збільшуються в об'ємі. При вільному набуханні без навантаження і неможливості бокового розширення їх відносне набухання $m_{sw} \geq 0,04$.

$$m_{sw} = (h_{н.с.} - h) / h \quad (3.4)$$

де $h_{н.с.}$ і h – відповідно висота зразка після і до набухання.

3.32 Додатковими характеристиками набухаючих ґрунтів являються: тиск набухання P_{SW} , вологість набухання W_{SW} , відносне набухання m_{sw} при заданому тиску і відносне усідання при висиханні m_{sh} .

3.33 При проектуванні облицювань каналів слід керуватися наступною класифікацією набухаючих ґрунтів.

Таблиця 3.5 - Класифікація набухаючих ґрунтів

№№ пп	Ґрунти	Вільне відносне набухання у частках одиниці	
		У приладах ПНП	У одометрах
1	Набухаючі	☐0,07	☐0,04
2	Слабонабухаючі	0,07 - 0,13	0,04 - 0,08
3	Середьонабухаючі	0,13 - 0,20	0,08 - 0,12
4	Сильнонабухаючі	⊕0,020	⊕0,12

3.34 Набухання ґрунту збільшується по мірі підвищення його щільності і зменшується із збільшенням напруження привантаження. Із зниженням вологості ґрунту напруження, відповідно одному й тому ж набухання, збільшується. Товща діючого (активного) шару ґрунту, де проявляється набухання, установлюється до глибини, на якій повністю заглушується тиск набухання. Із підвищенням у ґрунтах вмісту глинистих часток відносне набухання зростає і особливо інтенсивно при низьких початкових вологостях. При вологостях ґрунту рівних або вище межі пластичності (W_p) подальше підвищення вологості не супроводжується набуханням. Це також стосується і шарів ґрунту, ущільнених до $\square_{d,max}$ при відносній вологості.

Слід зазначити, що після набухання знижується несуча здатність ґрунту. При вільному набуханні також знижується несуча здатність ґрунту. При вільному набуханні і низьких значеннях привантаження кут внутрішнього тертя знижується до двох разів, питоме зчеплення – у 2-3 рази, а модуль деформації – у 3-4 рази.

Слід також враховувати, що набухаючі ґрунти схильні до морозного випинання і розтріскування.

3.35 До складу пошуків для каналів, які проходять у межах діючого (активного) шару сильнонабухаючого ґрунту, слід передбачати крім лабораторних досліджень, польові штампові дослідження ґрунтів при замочуванні.

3.36 На попередніх стадіях проектування характеристики набухаючих ґрунтів допускається визначати за такими формулами:

$$W_{SW} \approx 0,7W_L$$

(3.5)

$$\varepsilon_{sw} = \frac{\rho}{1+W} \left(\frac{W_{sw}}{\rho_w} + \frac{1}{\rho_s} \right) - 1$$

(3.6)

де W_{SW} – вологість набухання;

W_L – вологість на границі текучості;

ρ , ρ_w і ρ_s – відповідно щільність ґрунту, води і часток ґрунту;

W – природна вологість ґрунту.

3.37 Розрахункові характеристики набухаючих ґрунтів назначаються з урахуванням зміни властивостей при набуханні. Для розрахунків за першою групою граничного стану (по несучій здатності) розрахункові значення кута внутрішнього тертя і питомого зчеплення слід приймати по вірогідності 0,96 і коефіцієнту надійності по ґрунту $\gamma_{\phi g} = 1$. Для розрахунків за другою групою граничного стану (по деформаціях) розрахункові значення приймаються рівними нормативним.

3.38 Основними критеріями випинаючих ґрунтів бетонного облицювання являється умова

$$L_P \bullet L_g$$

(3.7)

де L_P – максимально можливе (розрахункове) випинання основи;

L_g – допустима величина випинання

$$L_P \bullet K_n z_{max}$$

(3.8)

де K_n – коефіцієнт випинання основи, який дорівнює відношенню величини випинання дослідного зразка ґрунту до його початкової висоти.

Засолені ґрунти.

3.39 При проектуванні основ під облицювання, сформованих засоленими ґрунтами, слід враховувати:

- суфозійне осідання $S_{S_{mf}}$, обумовлене вилуженням солей при тривалій фільтрації;
- зниження міцності ґрунтів у процесі вилужування солей;
- набухання або просідання при замочуванні;
- агресивність порових розчинів до матеріалів облицювань.

Середні значення сумарного осідання ґрунтів основ слід визначати з урахуванням осідання внаслідок суфозії, набухання або усадки і просідання.

3.40 Мінімальний сумарний вміст легко- і середньорозчинних солей (% за масою сухого ґрунту): піщаний – 0,5; глинистий (супіски і суглинки) – 5,0; просадочний (лес, лесовидний ґрунт) – 1,0 або 0,3 при наявності тільки легкорозчинних солей.

До легкорозчинних солей відносяться хлориди NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 ; бікарбонати NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; карбонат натрію Na_2CO_3 ; сульфати магнію і натрію MgSO_4 , Na_2SO_4 . До середньорозчинних солей відноситься гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Біогенні ґрунти та мули.

3.41 Якщо основи облицювань включають біогенні ґрунти (зоторфовані, торфи, сапропелі) або мули слід враховувати їх велике стискання, повільне протікання осідання, мінливість і анізотропію деформаційних, міцнісних і фільтраційних характеристик, зміну їх у процесі консолідації, а також агресивність ґрунтових вод до матеріалів облицювань.

3.42 Класифікація зоторфованих ґрунтів представлена у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Класифікація зоторфованих ґрунтів

Ґрунти	Відносний вміст рослинних залишків (ступінь зоторфованості), в долях одиниці
З домішками рослинних залишків:	
Піщані	0,03 - 0,10
Глинисті	0,05 - 0,10
Зоторфовані:	
Слабо	0,10 - 0,25
Середні	0,25 - 0,40
Сильні	0,40 - 0,60
Торф	0,60

3.43 Безпосереднє спирання облицювання на поверхню сильнозоторфованих ґрунтів, торфів і мохів не допускається.

3.44 При розрахункових деформаціях основи, яка включає шари і прошарки зоторфованих ґрунтів, торфів і мохів, що перевищують граничні, слід передбачати повну або часткову заміну слабких ґрунтів мінеральними, їх ущільнення або закріплення при достатньому обґрунтуванні інженерних заходів, що виконуються, влаштування екранів із рулонних матеріалів.

4 ФІЛЬТРАЦІЙНІ ВТРАТИ ВОДИ ІЗ КАНАЛІВ

Вимоги до протифільтраційної ефективності облицювання.

4.1 Одним із основних джерел поповнення ґрунтових вод являються фільтраційні втрати води із каналів. Величину втрат необхідно визначати для оцінки доцільності застосування протифільтраційних заходів в конкретних гідрогеологічних умовах, прогнозу рівня ґрунтових вод поблизу каналів, оцінки необхідності заходів по боротьбі з заболочуванням і можливим засоленням зрошувальних земель.

4.2 Фільтраційні втрати води із каналів необхідно визначати в залежності від фільтраційних властивостей облицювання, стадій фільтрації, тривалості роботи каналу, ґрунтових і гідрогеологічних умов, динаміки підземних вод.

4.3 Протифільтраційні облицювання належить назначати з метою підвищення коефіцієнту корисної дії каналів, запобіганню підтоплення і засолення зрошувальних земель, економії води і земель.

4.4 Доцільність застосування протифільтраційних облицювань повинна бути обґрунтована в проекті техніко-економічним розрахунком, який враховує затрати на протифільтраційні заходи, меліоративні наслідки поповнення ґрунтових вод за рахунок фільтрації води із каналів, вартість збереженої води.

4.5 Розрахунок конструкцій протифільтраційних облицювань належить виконувати виходячи із необхідного коефіцієнта корисної дії (ККД) каналів і із умов виключення підтоплення зрошувальних земель.

4.6 Одним із основних показників, які характеризують ефективність роботи каналів, являється коефіцієнт корисної дії \approx , який визначається за залежністю:

$$\approx = Q_{\text{нетто}} / (Q_{\text{нетто}} + Q_{\text{втрати}}) \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{нетто}}$ – витрата, що транспортується, м³/с;

$Q_{\text{втрати}}$ – витрати води на фільтрацію, скид, випаровування, м³/с.

4.7 Необхідний коефіцієнт корисної дії \approx_1 повинен бути не менше:

для магістральних каналів і його гілок – 0,90;

для господарчих і внутрігосподарчих розподільовачів – 0,93

4.8 Допустимі фільтраційні втрати води із каналів визначаються за залежністю:

$$Q_{\text{доп.}} = (1 - \approx_1) Q_{\text{брутто}}, \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{брутто}}$ – витрата з врахуванням втрат, м³/с.

4.9 В тих випадках, коли величина втрат на фільтрацію не забезпечує необхідний ККД, повинні бути запроектовані заходи для зменшення фільтраційних втрат.

4.10 Застосування протифільтраційного облицювання для забезпечення необхідного ККД повинно бути обгрунтовано такими умовами:

при $Q_{гр} \geq Q_{доп}$ – облицювання необхідне;

при $Q_{гр} < Q_{доп}$ – облицювання не потрібне,

де $Q_{гр}$ – фільтраційна витрата із необлицьованого каналу.

4.11 Коефіцієнт протифільтраційної ефективності облицювання визначається за залежністю:

$$E_0 = (Q_{гр} - Q_{обл}) / Q_{гр} \quad (4.3)$$

де $Q_{обл}$ – фільтраційна витрата із облицьованого каналу, м³/с.

4.12 Вибір облицювання, який забезпечує необхідний ККД зрошувальних каналів, проводиться наступним чином:

- визначають втрати $Q_{гр}$ із необлицьованого каналу;
- визначають ККД при втратах по залежності (4.1);
- визначають необхідне зниження фільтраційних втрат

$$\eta_1 = (\eta_1 - \eta) / (1 - \eta) \quad (4.4)$$

де η_1 – фактичний коефіцієнт корисної дії каналу.

4.13 Оцінку протифільтраційної ефективності облицювань необхідно проводити на стадії проектування.

Для крупних каналів в складних гідрогеологічних умовах для обгрунтування проектних рішень, необхідно передбачити створення дослідно-виробничих ділянок для найбільш типових умов.

Фільтраційні втрати в натурних умовах необхідно визначати методом ізольованих відсіків.

4.14 Замовник, який приймає роботу по окремих етапах, і проектна організація, яка проводить авторський нагляд, мають право вимагати улаштування ізольованих відсіків для вибіркової перевірки протифільтраційної ефективності облицювань. Ці роботи необхідно передбачити в проекті.

Стадії фільтрації.

4.15 Фільтрація води із каналів складається із двох стадій:

перша стадія – вільна фільтрація;

друга стадія – підперта фільтрація.

4.16 Вільна фільтрація – фільтрація без підпору, коли фільтраційний потік не зв'язаний з природним ґрунтовим потоком і не взаємодіє з ним.

4.17 Підперта фільтрація – фільтрація з підпором, коли фільтраційний потік зв'язаний з природним ґрунтовим потоком і взаємодіє з ним.

4.18 Критерієм вільної фільтрації являється умова: $Q_{\text{ф}} \leq Q_{\text{відток}}$; де $Q_{\text{ф}}$ – усталена фільтраційна витрата при дуже глибокому заляганні ґрунтових вод; $Q_{\text{відток}}$ – найбільша можлива витрата при відтоку ґрунтових вод.

4.19 Перехід від однієї стадії до другої залежить від ряду чинників, головними із яких являються:

- розміри каналу;
- водно-фізичні властивості ґрунтів;
- умови підземного відтоку;
- початковий рівень ґрунтових вод;
- тривалість роботи каналу;
- динаміка підземних вод;
- фільтраційні властивості облицювань.

4.20 При дуже глибокому заляганні ґрунтових вод, короточасній роботі каналу, невеликих його розмірах або невеликому коефіцієнті фільтрації облицювання, фільтрація може не вийти із першої стадії, так як фільтраційний потік із каналу за час його роботи може не досягти ґрунтових вод.

4.21 Якщо фільтраційний потік із каналу зімкнувся із капілярною “каймою” і утворився капілярно-ґрунтовий потік, то перехід до другої стадії залежить у такому випадку тільки від можливості підйому рівня ґрунтових вод під каналом для утворення суцільного фільтраційного потоку.

4.22 При $Q_{\text{ф}} \leq Q_{\text{відток}}$ – вільна фільтрація спостерігається при будь-якій тривалості роботи каналу.

При $Q_{\text{ф}} > Q_{\text{відток}}$ – підперта фільтрація спостерігається при тривалій роботі каналу.

4.23 У каналах без облицювання перша стадія формування фільтраційного потоку ділиться на дві фази:

фаза поглинання або насичення ґрунту;

фаза капілярно-ґрунтового потоку.

4.24 Перша фаза характеризується переміщенням води у двохкомпонентному середовищі: ґрунт – вода – повітря, при повному розділенні фільтраційного потоку і ґрунтових вод. Фільтраційна витрата у початковій стадії велика і має різко неусталений характер. Переміщення води відбувається під дією капілярних і гравітаційних сил, глибини води у каналі.

При переміщенні води у ґрунтах з низькою початковою вологістю спостерігається “фронт змочування” – тобто різкий перехід від змоченої зони до незмоченої. При нетривалому часі цієї стадії “фронт змочування” переміщається з постійною швидкістю.

Фаза триває до того часу, поки “фронт змочування” не досягне капілярної кайми ґрунтових вод.

4.25 Друга фаза вільної фільтрації починається з моменту, коли фільтраційний потік змикається з капілярною каймою ґрунтових вод і вступає у взаємодію з ґрунтовими водами.

4.26 Підперта фільтрація характеризується суцільним потоком ґрунтових вод. Стадія підпертої фільтрації найбільш тривала у постійно діючих каналах, де вона спостерігається на протязі багатьох років роботи каналу. Фільтрація носить неусталений характер, фільтраційна витрата на протязі часу зменшується. Стадія має головне значення для оцінки фільтраційних втрат і підпору ґрунтових вод поблизу постійно діючих каналів.

4.27 При періодичній дії каналу спостерігається також і третя стадія фільтрації – розтікання горба профільшованої води.

4.28 Розтікання горба профільшованої води при періодичній дії каналів носить явно нестационарний характер: при наповненні каналу горб ґрунтових вод росте, після спорожнення каналу – розтікається. Під каналами періодичної дії спостерігаються циклічні коливання підпору ґрунтових вод і фільтраційної витрати із каналів.

4.29 У каналах з облицюванням перша стадія ділиться на дві фази:

фаза насичення ґрунтів;

фаза підйому ґрунтових вод під каналом.

4.30 Перша фаза продовжується до тих пір, поки вода профільшує через облицювання і пройде через ґрунти зони аерації до рівня ґрунтових вод. Фільтраційний потік повністю насичує пори облицювання, а переміщення профільшованої води відбувається у ненасичених ґрунтах.

Фаза насичення для каналів з облицюванням більш тривала, ніж для каналів без облицювання.

У фазі насичення фільтраційний потік через 5-10 діб стабілізується і його витрата стає практично постійною. Фаза нетривала для каналів постійно діючих і має велике значення при періодично діючих каналах.

У цьому випадку слід розглядати 2 випадки.

Вільна фільтрація із розривом суцільності фільтраційного потоку під облицюванням.

При виконанні умови

$$K_{\text{обл}}/K_{\text{гр}} \leq \frac{b}{(h_0 + b + H_{\text{к.п}})}, \quad (4.5)$$

де b - товщина облицювання; $K_{\text{обл}}$ – коефіцієнт фільтрації облицювання; $K_{\text{гр}}$ – коефіцієнт фільтрації ґрунту; $H_{\text{к.п}}$ – висота капілярного підняття ґрунту, спостерігається розрив цілності потоку. Відбувається крапельна фільтрація у вигляді дощу; під каналом над ґрунтовими водами виникає бугор, що постійно зростає і при тривалій безперервній роботі піднімається до дна каналу. Фільтраційна витрата практично постійна і рівна витраті у попередній фазі.

Вільна фільтрація при повному насиченні ґрунту водою.

4.31 При виконанні умови

$$K_{\text{обл}}/K_{\text{гр}} \leq \frac{b}{(h_0 + b + H_{\text{к.п}})} \quad (4.6)$$

Переміщення фільтраційних вод під облицюванням відбувається при заповненні водою всіх пор ґрунту, тобто ґрунт насичений водою і не спостерігається розриву цілності потоку під каналом.

4.32 Фаза підйому ґрунтових вод (друга фаза вільної фільтрації) триває до тих пір, поки рівні ґрунтових вод не піднімуться до дна каналу.

4.33 Підперта фільтрація із облицьованих каналів якісно ідентична підпертій фільтрації із необлицьованих каналів, але кількісні характеристики фільтраційних втрат будуть різними.

У цій стадії різниця між фільтраційними втратами із облицьованих і необлицьованих каналів зменшується і ефективність застосування облицювань знижується.

4.34 При виконанні умови $K_{\text{обл}} / K_{\text{гр}} \gg 5 \ll 10^{-6}$ ефективність застосування облицювання вище при вільній фільтрації, ніж при підпертій.

4.35 Розтікання ґрунтових вод починається після закінчення подачі води у канал. Рівень води у каналі знижується до дна і відбувається відрив поверхні депресійної кривої фільтраційних вод від дна каналу. Після відновлення подачі води у канал спостерігається спочатку вільна (перша стадія) фільтрації, потім підперта фільтрація

(друга стадія), потім розтікання і знову повторення циклу. Грунтовий потік формується на фоні процесу підйому і розтікання ґрунтових вод, який циклічно повторюється.

Розрахунок фільтрації із необлицьованих каналів.

Перша стадія – вільна фільтрація.

Фаза поглинання.

4.36 Переміщення фронту змочування у ненасичених ґрунтах під дією капілярних сил визначається по залежності:

$$\boxed{x} = k \sqrt{t D_0} \quad (4.7)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від водно-фізичних властивостей ґрунтів, визначається за формулою:

$$k = 2 \sqrt{\frac{e^{\beta(W_1 - W_0)} - 1}{\beta(W_1 - W_0) - a}}, \quad (4.8)$$

де

$$a = \frac{\arctg \sqrt{e^{\beta(W_1 - W_0)} - 1}}{\sqrt{e^{\beta(W_1 - W_0)} - 1}}$$

змінюється у межах 1 ● а ● 2.

4.37 Залежність між коефіцієнтом дифузії D і вологістю W відображається експоненціальною функцією

$$D = D_0 e^{\alpha(W - W_0)} \quad (4.9)$$

Значення параметрів α для різних ґрунтів наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Значення параметрів ґрунтів

Ґрунт	W_1	W_0	W^*	K_ϕ , м/с	P_0 , Па	D_0 , м ² /с	α
Пісок	0,40	0,20	0,04	$1,15 \cdot 10^{-5}$	2,0	$1,04 \cdot 10^{-5}$	5
	0,30	0,20	0,07	$1,15 \cdot 10^{-5}$	1,0	$4,39 \cdot 10^{-6}$	6
	0,35	0,20	0,08	$1,15 \cdot 10^{-5}$	1,0	$1,87 \cdot 10^{-6}$	10
	0,40	0,35	0,04	$1,15 \cdot 10^{-5}$	2,0	$2,55 \cdot 10^{-6}$	12
Суглинок	0,60	0,30	0,20	$1,27 \cdot 10^{-6}$	4,0	$3,4 \cdot 10^{-8}$	10
	0,47	0,20	0,27	$1,27 \cdot 10^{-6}$	3,0	$3,24 \cdot 10^{-8}$	35
	0,47	0,27	0,20	$1,27 \cdot 10^{-6}$	4,0	$1,85 \cdot 10^{-7}$	18
	0,47	0,30	0,27	$1,27 \cdot 10^{-6}$	3,0	$2,6 \cdot 10^{-8}$	33
Глина	0,47	0,30	0,27	$1,15 \cdot 10^{-7}$	4,0	$3,4 \cdot 10^{-9}$	33
	0,50	0,30	0,30	$1,15 \cdot 10^{-7}$	4,0	$3,07 \cdot 10^{-9}$	32
	0,40	0,35	0,30	$1,15 \cdot 10^{-7}$	4,0	$4 \cdot 10^{-7}$	30

	0,60	0,35	0,40	$1,15 \cdot 10^{-7}$	4,0	$2,03 \cdot 10^{-9}$	32
	0,47	0,30	0,27	$1,15 \cdot 10^{-7}$	4,0	$5,36 \cdot 10^{-8}$	33

4.38 При нетривалій роботі каналу ($t \ll 15$ діб) переміщення фронту змочування по вертикалі пропорційно \sqrt{t} , а при тривалішій роботі ($t \gg \infty$) переміщення фронту змочування відбувається пропорційно t , тобто переміщення вниз при більших t відбувається з постійною швидкістю.

4.39 Кількість води на фільтрацію для фази поглинання визначається по залежності:

$$W_{\phi} = \int_0^t q dt \quad (4.10)$$

де W_{ϕ} – об'єм профільтрованої води, m^3 ;

q – питома фільтраційна витрата, визначається по формулі

$$q = 2D_0 \frac{1}{\beta} (e^{\beta(W_1 - W_0)} - 1) \frac{1}{\xi} \quad (4.11)$$

4.40 При нетривалій роботі каналу ($t \ll 15$ діб), коли переміщення границі фронту змочування підлягає закону $\xi = k\sqrt{tD_0}$, фільтраційна витрата дорівнює:

$$q = 2 \frac{\sqrt{D_0}}{\beta k} (e^{\beta(W_1 - W_0)} - 1) \cdot 1 / \sqrt{t}, \quad (4.12)$$

а об'єм профільтрованої води за час t дорівнює:

$$W_{\phi} = 4 \frac{\sqrt{D_0}}{\beta k} (e^{\beta(W_1 - W_0)} - 1) \sqrt{t}, \quad (4.13)$$

4.41 При тривалій роботі каналу, коли ($t \gg 15$ діб) об'єм профільтрованої води визначається за залежністю:

$$W_{\phi} = 2D_0 \frac{1}{\beta} (e^{\beta(W_1 - W_0)} - 1) \int_0^t \frac{dt}{\xi(t)}. \quad (4.14)$$

Фаза капілярно-грунтового потоку.

4.42 Фільтраційна витрата визначається за залежністю С.Ф.Авер'янова:

$$Q = K(W) \left(1 + 0.5 \frac{H_{\kappa.п.}}{B} \right) (B + 2h) \quad (4.15)$$

де $K(W)$ визначається за формулою:

$$K(W) = K_{\varphi} \left(\frac{W - W^*}{W_0 - W^*} \right)^{3.5} \quad (4.16)$$

Друга стадія – підперта фільтрація.

4.43 Розрахунок підпертої фільтрації для схеми симетричного відтоку рекомендується виконувати по методиці ВНДІ ВОДГЕО, де наведені залежності для визначення витрати за час від початку підпертої стадії, а також залежності для оцінки підпору ґрунтових вод поблизу каналів для основних розрахункових схем, які зустрічаються у природі.

4.44 Якщо водоносна товща складається із декількох шарів і природна вільна поверхня ґрунтових вод розташована у верхньому шарі, то для розрахунку використовують схему фільтрації у багатошаровій товщі, приведеної до однорідного середовища і приведеної товщі під дном.

4.45 Розрахунок підпертої фільтрації із необлицьованих каналів при наявності горизонтального дренажу (дрен, водоймища, границі з більш проникними ґрунтами), а також без дренажу із урахуванням випаровування з поверхні ґрунтових вод, рекомендується проводити по методу фільтраційних опорів.

4.46 Розрахунок підпертої фільтрації з моменту початку живлення ґрунтових вод і у період спаду під дією дренажу, в умовах випаровування постійної інтенсивності і двошарового ґрунту виконується за залежностями О.Я.Олійника.

Розрахунок фільтрації із облицьованих каналів.

4.47 Час промочування товщі ґрунтів зони аерації до рівня ґрунтових вод при першій стадії вільної фільтрації визначається за залежністю:

$$t = \mu \frac{m'}{\varepsilon} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}, \quad \varepsilon = k \frac{h_0 + \delta + H_{\kappa.н.}}{\delta} \quad (4.17)$$

де m' - перевищення дна каналу над рівнем ґрунтових вод, м.

4.48 Розрахунок фільтраційних втрат із облицьованих каналів при усталеній вільній фільтрації виконується за формулами:

М.М.Верігіна і С.В.Васильєва (без врахування розрідження під облицюванням)

$$Q = k'_{обл} \left[\frac{b(h_0 + \delta_0)}{\delta_0} + 2m_0 h_0 + \frac{h_0^2}{\delta_{yk}} \sqrt{1 + m_0^2} \right] \quad (4.18)$$

С.Г.Хлебнікова (з урахуванням розрідження під облицюванням)

$$Q = k'_{обл} \left[m_0 h_0 + \frac{h_0 + \delta_0 + 2h_p}{\delta_0} h_0 \sqrt{1 + m_0^2} + \frac{b(h_0 + \delta_0 + h_p)}{\delta_0} \right] \quad (4.19)$$

де h_p – величина негативного тиску під облицюванням (розрідження).

Величина негативного тиску для сильно водопроникних ґрунтів, капілярними властивостями яких можна знехтувати, приймається рівною $h_p = 0$, а для ґрунту із капілярними властивостями $h_p = h_k / 2$.

С.Ф.Авер'янова для випадку повного насичення пор ґрунту під облицюванням при оберненій нерівності

$$Q_\phi = \frac{k(B + 2h)}{1 + \frac{2\delta_0}{B} \left(\frac{k}{k'_{обл}} - 1 \right)} \quad (4.20)$$

А.А.Угінчуса

$$Q_\phi = k'_{обл} \frac{k_0}{\delta_0} (b + \sqrt{1 + m_0^2}), \quad (4.21)$$

яка після уточнення Р.М.Горбачова має вигляд

$$Q_\phi = k'_{обл} \frac{h_0}{\delta_0} (b + h_0 \sqrt{1 + m_0^2}) \quad (4.22)$$

Р.М.Горбачов при виводі формули фільтраційної витрати із облицьованого каналу враховував зміни негативного тиску по периметру каналу. Розрахункова залежність отримана ним у такому вигляді

$$Q_\phi = \frac{k'_{обл}}{\delta_0} \left[b(h_0 + \delta_0 + p) + 2h_0 \sqrt{1 + m_0^2} \left(\frac{h_0}{2} - \frac{\delta_0 m_0}{\sqrt{1 + m_0^2}} \right) \right] \quad (4.23)$$

4.49 Фільтраційні втрати із облицьованих каналів у випадку усталеної підпертої фільтрації для найбільш розповсюдженої у природі схеми двошарового ґрунту з урахуванням впливу симетрично розташованого приканального дренажу визначають по формулі А.Я.Олійника з урахуванням додаткового опору, обумовленого застосуванням облицювання.

Розрахункові формули для одностороннього погонного відтоку із каналу q_k і притоку у дренаж $q_{др}$ мають вигляд:

$$q_k = \frac{TH + \varepsilon L(0.5L + \Phi_\delta)}{L + \Phi_k + \Phi_\delta + \Phi_{обл}}; \quad q_\delta = \frac{TH + \varepsilon L(0.5L + \Phi_k)}{L + \Phi_k + \Phi_\delta + \Phi_{обл}} \quad (4.24)$$

$$\text{де } T = k_1 \left(\frac{h_k + h_\delta}{2} \right) + k_2 m_2;$$

$$H = h_k + h_d;$$

$$\Phi_k = \Phi'_k + 2\Phi''_k;$$

$$\Phi_d = \Phi'_d + \Phi''_d;$$

m - інтенсивність випаровування із поверхні ґрунтових вод;

$\Phi_k, \Phi_d, \Phi_{obl}$ – фільтраційні опори на гідродинамічні особливості каналу, дренажу і додатковий опір від застосування облицювання.

4.50 Фільтраційні опори на гідродинамічні особливості каналу і дрени у двошаровому ґрунті визначаються по формулах

$$\Phi'_i = \alpha \frac{k_2}{k_1} m' f'_i(m') + \frac{k_1 - k_2}{k_1} m f'_i(m_1), \quad (4.25)$$

$$\Phi''_i = \beta \frac{k_2}{k_1} m' f''_i(m') + \frac{k_1 - k_2}{k_1} m f''_i(m_1), \quad i = k, d \quad (4.26)$$

$$\text{де } f'_i = \frac{s}{2mi} - 1,466 \lg ch \frac{\pi s}{4mi};$$

$$f''_i = 0,93 \lg ctg \frac{\pi s}{4mi}.$$

При визначенні опорів Φ'_i і Φ''_i приймаємо: у випадку каналу – $m' = h_k + m_2$, $m_1 = h_k$, $S = b$; у випадку дрени – $m_1 = h_d$, $m' = h_d + m_2$, $S = b_d$. Поправочні коефіцієнти α і β беремо у відповідності з графіками А.Я.Олійника.

4.51 У випадку підпертої фільтрації із облицьованого каналу при відсутності приканального дренажу розрахункова залежність для одностороннього погонного відтоку має вигляд:

$$q_k = \frac{TH}{\Phi_k + \Phi_{obl} + \sqrt{\frac{Tz_0}{\varepsilon_n}}}, \quad (4.27)$$

$$\text{де } H = h_k - h'_0;$$

$$T = k_1 \left(h'_0 + \frac{h_k - h'_0}{2} \right) + k_2 m_2;$$

h'_0 – глибина ґрунтових вод над границею розділу ґрунтових шарів;

z_0 – критична глибина залягання рівня ґрунтових вод при $= 0$;

Величини фільтраційних опорів, які отримані ІГіМ УААН за даними натурних досліджень представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Фільтраційні опори різних конструкцій облицювань

Тип облицювання	Фільтраційний опір, $\Phi_{обл,м}$
1	2
Каховська зрошувальна система	
Монолітна бетонна товщиною 0,15 м, укладена бетоноукладальним комплексом "РАХКО"	95
Поліолефінова плівка товщиною 0,52 мм під збірно-монолітним бетоном (по дну і з виходом на 1,7 м укосу – монолітний залізобетон товщиною 0,14 м, на укосах - плити НПК розмірами 6 x 2 x 0,06 м)	80
Полівінілхлоридна плівка товщиною 0,20 мм під збірно-монолітним бетоном (конструкція бетонного облицювання аналогічна попередній)	72
Поліетиленова плівка товщиною 0,25 мм під збірно-монолітним бетоном (конструкція бетонного облицювання аналогічна попередній)	36
Північно-Кримський канал, Чорноморська гілка	
Монолітна залізобетонна товщиною 0,12-0,15 м, підготовка із шару суглинку товщиною 0,20 м, $\square_d = 1,67 \text{ г/см}^3$	35
Плити НПК, поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм, шириною 8 м, підготовка із шару суглинку товщиною 0,2 м, $\square_d = 1,67 \text{ г/см}^3$, особливо ретельне виконання робіт	65
Плити НПК, поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм, шириною 3 м, підготовка із шару суглинку товщиною 0,20 м, $\square_d = 1,67 \text{ г/см}^3$, виконання робіт звичайне, шви цементно-піщані	10
Монолітний залізобетон товщиною 0,12-0,15 м, поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм, підготовка із шару суглинку товщиною 0,2 м, $\square_d = 1,67 \text{ г/см}^3$,	92
Плити НПК, поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм, шириною 3 м, підготовка із суглинку товщиною 0,20 м, $\square_d = 1,67 \text{ г/см}^3$, виконання робіт звичайне, ін'єкція цементного розчину в підплитний простір	26
Поліетиленова плівка товщиною 0,25 мм, під монолітним бетоном товщиною 0,08 м	80
Поліолефінова плівка товщиною 0,52 мм, під піщано-гравійним привантаженням товщиною 0,38 м	64
Поліетиленова плівка товщиною 0,25 мм, під піщано-гравійним привантаженням товщиною 0,38 м	31
Полівінілхлоридна плівка товщиною 0,27 мм під монолітним бетоном товщиною 0,08 м	128
Полівінілхлоридна плівка товщиною 0,27 мм під піщано-гравійним привантаженням товщиною 0,38 м	67
Полівінілхлоридна плівка товщиною 0,27 мм під торкрет-бетоном	86
З'єднувальний канал	
Монолітна бетонна, складена із залізобетонної підготовки товщиною 0,10 м, поліетиленової плівки товщиною 0,2 мм, монолітного бетону товщиною 0,15 м	56

Продовження таблиці 4.2

Татарбунарська зрошувальна система	
Монолітна бетонна товщиною 0,06 м при щільності основи: $\square_d = 1,5 \text{ г/см}^3$ $\square_d = 1,6 \text{ г/см}^3$ $\square_d = 1,7 \text{ г/см}^3$	5 10 19
Монолітна бетонна товщиною 0,06 м, поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм при щільності основи: $\square_d = 1,5 \text{ г/см}^3$ $\square_d = 1,6 \text{ г/см}^3$ $\square_d = 1,7 \text{ г/см}^3$	14 19 20

5 РОЗРАХУНКИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛИЦЮВАНЬ

Загальні положення

5.1 Монолітні бетонні і залізобетонні облицювання зрошувальних каналів повинні задовольняти умови розрахунку по несучій здатності (граничному стану першої групи) і по придатності до нормальної експлуатації (граничному стану другої групи).

По граничному стану першої групи облицювання розраховуються: по несучій здатності – на міцність з перевіркою стійкості окремих елементів на укосі.

По граничному стану другої групи облицювання розраховуються на утворення тріщин.

5.2 Розрахунок бетонного облицювання по несучій здатності включає в себе розрахунок на приймання статичних і динамічних навантажень від: гідростатичного тиску води, дії транспортних засобів і механізмів, дії льоду, протитиску.

При розрахунку облицювання на тріщиностійкість враховуються температурна дія і вплив деформацій ґрунтової основи.

5.3 Розрахунок конструкції монолітного бетонного облицювання по першому граничному стану рекомендується виконувати по методу розрахунку плит на упругій основі. Стискуючі і розтягуючі напруження і конструкції облицювань при розрахункових навантаженнях не повинні перевищувати відповідних розрахункових значень опору бетону, наведених в СНиП 2.06.08-87 “Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений”.

5.4 Посібник вміщує статистичні методи розрахунку, розрахунки на температурну дію будівельного і експлуатаційного періодів, рекомендації по підбору і установленню основних параметрів монолітного бетонного і залізобетонного облицювання зрошувальних каналів.

5.5 Розрахунки облицювання по міцності виконуються як для будівельного, так і для експлуатаційного періодів.

5.6 При дії на облицювання навантаження у вигляді зосереджених сил розрахунок виконують по трьох розрахункових схемах: навантаження прикладене в центрі плити, на кут і по краю плити.

За розрахункове місце прикладення навантаження від дії транспортних засобів на облицювання слід приймати: кут плити – при зосередженому навантаженні і поздовжній край плити – при рівномірно розподіленому навантаженні.

5.7 В залежності від геометричних розмірів і схеми навантаження плит облицювання, розрахунок елементів облицювання при міцності виконується в поздовжньому і поперечному напрямках.

5.8 В залежності від місця прикладення навантаження на облицювання, її інтенсивності і характеру, а також від стану основи змінюється напружено-деформаційний стан конструктивних елементів облицювання. Тому при виборі і призначенні параметрів облицювання рекомендується проводити багатоваріантні розрахунки.

5.9 У вихідних даних, необхідних для проектування і розрахунку конструкції облицювання, повинні бути:

- геометричні параметри поперечного перетину каналу, що проектується: ширина каналу по дну – b , коефіцієнт закладення укосів – m , відносна глибина – H , ширина берми – b' , а також данні, які характеризують висотне положення ложа каналу відносно поверхні землі з урахуванням конструкції каналу (виїмка, насип, напіввиїмка – напівнасип);
- данні про режим експлуатації каналу на протязі року, в тому числі, й ті, що характеризують рівневий режим в експлуатаційний період;
- кліматичні і геофізичні характеристики району будівництва, за якими включаються розрахункові дані добових і сезонних коливань температури;
- метеорологічні і вітрохвильові данні об'єкту, данні про прогнозований льодовий стан в каналі, глибина промерзання ґрунту;
- необхідні інженерно-геологічні і гідрогеологічні матеріали, об'єм яких залежить від інженерно-геологічних особливостей траси каналу, а також від стадії проектування;
- дані, які відображають технологічні процеси влаштування облицювання і умови роботи конструкції облицювання в будівельний період;

- всі необхідні міцнісні, деформаційні і теплофізичні характеристики матеріалу облицювання.

Конструктивні вимоги

5.10 Конструювання монолітного бетонного облицювання складається насамперед з правильного визначення його товщини і розмірів карт бетонування, а також місця улаштування і вибору конструкції прицокільних і поперечних температурно-деформаційних швів, особливо в зоні змінного рівня води у каналі.

5.11 Улаштування монолітного бетонного облицювання слід передбачати на каналах трапецієподібного поперечного перетину з коефіцієнтом укосів не менше $m=1,5$.

5.12 На каналах з витратою до $100 \text{ м}^3/\text{с}$ монолітні бетонні облицювання слід проектувати однакової товщини по всьому змоченому периметру каналу, незалежно від форм поперечного перетину профілю каналу.

5.13 Товщина облицювання із монолітного бетону повинна назначатися мінімальною із розрахунку сприймання розрахункових навантажень будівельного і експлуатаційного періодів, але в усіх випадках не менше $0,08 \text{ м}$.

5.14 При улаштуванні бетонного облицювання не по всьому периметру каналу, а тільки у зоні змінного рівня води, з'єднання облицювання з нижньою частиною основи повинно закінчуватися зубом із улаштуванням берми, яка повинна бути надійно захищена від розмиву.

Ширину берми визначають із умови виконання планувальних робіт і стійкості споруди.

5.15 Перевищення границі кріплення монолітним бетоном над форсованим рівнем води в каналі визначається з урахуванням вітрової хвилі, але, незалежно від класу споруди, не менше $0,3 \text{ м}$.

5.16 Нижню границю кріплення комбінованим облицюванням слід призначати на глибині $H_r = 2 h_{1\%}$, рахуючи від максимального рівня спрацювання води в каналі, але не менше $0,25 \text{ м}$, де $h_{1\%}$ - висота хвилі 1% забезпеченості.

5.17 В усіх випадках монолітне бетонне облицювання на укосі каналу повинно закінчуватися улаштуванням заплечиків шириною не менше 25 см із монолітного бетону тієї ж марки, що й основна конструкція: товщина заплечиків повинна відповідати товщині конструкції облицювання.

5.18 У процесі будівництва не допускається без відповідного обґрунтування змінювати проектні розміри карт бетонування облицювання або місця улаштування швів, так як товщина і розміри в плані карт бетонування є взаємно залежними

параметрами і їх невідповідність завжди несе за собою зміни тріщиностійкості облицювання.

5.19 Для попередження довільної появи тріщин в облицюванні і підвищення його довговічності обов'язковою умовою при його улаштуванні є розрізка облицювання поперечними і поздовжніми швами.

5.20 За своїм призначенням і конструктивним рішенням шви монолітного бетонного облицювання поділяються на: поперечні шви стискання і розширення; поздовжні шви стискання; робочі шви.

Шви розширення призначені для забезпечення допустимих температурних напружень у бетоні при нагріванні облицювання літом.

Шви стискання влаштовують між швами розширення для запобігання появи тріщин у бетоні внаслідок зниження температури облицювання, усадки бетону і нерівномірної осадки ґрунту основи.

Робочі шви призначені для утворення технологічного торця облицювання в кінці робочої зміни або при перерві бетонування більше ніж на 1-2 години.

5.21 У монолітних бетонних облицюваннях поздовжні температурно-деформаційні шви повинні передбачатися на 0,3 – 0,5 м вище лінії дотику дна і укосів, а також на 0,3 – 0,5 м вище проектного рівня води у каналі при умові перевищення границі кріплення над рівнем води вище 2,0 м. При можливості будівельні шви необхідно поєднувати з температурними.

5.22 Найраціональнішою з точки зору несучої здатності і мінімальної протяжності швів являється квадратна форма карт бетонування облицювання.

Орієнтовно протяжність швів в облицюванні каналів, яке складається з однакових елементів (карт), можна визначати по формулі:

$$L = 0,5 \, m \, P \quad (5.1)$$

де m - кількість елементів на одиницю площі облицювання, шт;

P - периметр одного елементу, м.

Навантаження і впливи

5.23 Основними факторами, які впливають на напружено-деформаційний стан системи “облицювання – основа” являються:

- добові і сезонні коливання температури;
- підвищена деформаційність ґрунтів основи;
- наявність льоду у каналі;
- гідростатичний тиск води у каналі і протитиск води за облицюванням;

- вага транспортних засобів і механізмів у будівельний і експлуатаційний періоди.

5.24 Навантаження поділяються на постійні і тимчасові (довгострокові, короткострокові і особливі).

До постійних навантажень відносяться: власна вага облицювання, гідростатичний тиск і протитиск води на облицювання при постійному рівні води у каналі (цілорічне наповнення).

До тимчасових довгострокових навантажень відносяться: гідростатичний тиск і протитиск води при сезонному наповненні каналу і перемінних відмітках води в ньому нижче розрахункового значення; вплив нерівномірних деформацій основи; температурний вплив, навантаження відкладених наносів.

До короткострокових навантажень відносяться: льодові і хвильові навантаження, навантаження від підйомних і транспортних пристроїв і механізмів (бетоноукладачі, автомобілі і т.п.), які використовуються при будівництві, експлуатації і ремонті каналу, навантаження від ваги тимчасово складованих виробів, матеріалів, насипного ґрунту.

До особливих навантажень і впливів відносяться: сейсмічні і інерційні навантаження; дія внаслідок нерівномірних деформацій основ, які супроводжуються зміною структури ґрунту (деформації просадочних ґрунтів при замочуванні); дія деформацій земної поверхні у районах впливу гірських виробок і у карстових районах; додатковий гідростатичний тиск і протитиск води при форсуванні рівня; температурно-вологісний вплив.

5.25 Повний перелік навантажень і впливів, які приймаються в найбільш несприятливих, але можливих перетинах окремо для експлуатаційного і будівельного випадків виконується на основі аналізу роботи облицювання безпосередньо при складанні розрахункових схем.

5.26 У відповідності із СНиП 2.06.04-82 “Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)” в залежності від складу врахованих навантажень, навантаження і дії приймаються в наступних сполученнях:

- основне сполучення навантажень, які складаються із постійних, тимчасових довгострокових, окремих короткострокових і одного із особливих навантажень і дій;

- особисті сполучення навантажень, які складаються із постійних, тимчасових довгострокових, окремих короткострокових і одного із особливих навантажень і дій.

5.27 При урахуванні сполучень до величин навантажень або до зусиль, що ними викликаються, повинен вводитись у вигляді множника коефіцієнт сполучень навантажень η_c , який приймається для основного сполучення навантажень 1; для особливого сполучення навантажень – 0,9; для сполучення навантажень у період будівництва – 0,95.

5.28 Коефіцієнт перевантаження слід приймати відповідно вказівкам СНиП 2.06.08-87 і СНиП 2.06.01-86 і 2.06.04-82* по таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Значення коефіцієнта перевантажень

№№ пп	Назва навантажень і впливів	Коефіцієнт перевантажень
1	Власна вага облицювання	1,05
2	Вертикальний тиск від ваги ґрунту в природному заляганні	1,10
3	Тиск наносів і насипаних ґрунтів	1,20
4	Гідростатичний і хвильовий тиск (тиск фільтраційних вод)	1,00
5	Навантаження від ваги будівельної, транспортної, вантажно-розвантажувальної техніки і т.п., механізмів будівельного і експлуатаційного періодів	1,20
6	Льодові навантаження	1,10
7	Температурні і вологісні дії	1,10
8	Сейсмічний вплив	1,00

5.29 Коефіцієнт умов роботи, який враховує вид граничного стану, приблизність розрахункових схем, тип споруди, конструкції або основи, вид матеріалу або інші фактори для розрахунку бетонних конструкцій за визначеним станом першої групи (стійкість і міцність) приймається рівним 0,9, а при особливих сполученнях навантажень – 1,1; при розрахунку по граничному стану другої групи (тріщиностійкість) приймається рівним 1.

5.30 Коефіцієнт надійності, який враховує капітальність і можливі наслідки при настанні того або іншого граничного стану, приймається для споруд: I класу – 1,26; II – 1,2; III – 1,15; IV – 1,1; розрахунки облицювань по другій групі граничного стану допускається виконувати при коефіцієнті надійності = 1.

5.31 Для експлуатаційного періоду каналу характерні три розрахункових випадки:

- канал наповнений водою до проектної відмітки, під облицюванням ґрунтові води відсутні, що характерно для перших років експлуатації при глибокому заляганні ґрунтових вод і високій протифільтраційній ефективності облицювання; у цьому випадку облицювання зазнає гідростатичного тиску від води в каналі;
- канал заповнений водою до проектної відмітки, під облицюванням – ґрунтова вода, рівень якої співпадає з рівнем води в каналі, гідростатичний тиск урівноважується і облицювання знаходиться у зваженому стані;
- канал частково або повністю спорожнений, облицювання водонепроникне, ґрунт під облицюванням обводнений; в цьому випадку гідростатичне навантаження на облицювання визначається сумарним епюром від дії тиску і протитиску.

5.32 До найсуттєвіших навантажень на облицювання в будівельний період, які потрібно враховувати, відносяться: власна вага облицювання, навантаження на дно і укуси каналу від будівельних машин і механізмів (транспортне навантаження), протитиск ґрунтових вод, сейсмічна дія.

5.33 До навантажень на облицювання в експлуатаційний період відносяться: власна вага, гідростатичний тиск і протитиск, температурно-кліматичний вплив, льодові і хвильові навантаження, сейсмічний вплив, транспортні навантаження.

5.34 Власну вагу бетонного облицювання слід враховувати як рівномірно-розподілене навантаження інтенсивністю

$$q = \gamma_{об} \delta \quad (5.2)$$

і з урахуванням зваженої дії води визначати по формулі

$$q = (\gamma_{об} - 1) \delta \quad (5.3)$$

де $\gamma_{об}$, δ - відповідно питома вага бетону і товщина облицювання.

5.35 Навантаження від дії гідростатичного тиску води у каналі на облицювання укусів визначаються звичайним трикутним епюром, побудованим за правилами гідростатики і діючої з боку денної поверхні облицювання, з максимальним значенням, рівним $\gamma_{об} h$; вплив від тиску води на дно визначається рівномірно розповсюдженим навантаженням інтенсивністю $\gamma_{об} h$, де $\gamma_{об}$ - питома вага води, н/м³.

5.36 Навантаження від протитиску ґрунтових вод на облицювання діє на внутрішній бік і визначається аналогічно, максимальне значення епюру дорівнює $\gamma_{об} h_r$:

навантаження від протитиску на дно визначається рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю $\gamma_w h_r$, де h_r - глибина ґрунтових вод за облицюванням відносно дна каналу.

5.37 При одночасній дії гідростатичного тиску і протитиску води навантаження на облицювання укосів визначається епюром гідростатичного тиску, отриманим в результаті геометричного складання епюр тиску і протитиску; навантаження на дно каналу в цьому випадку, в залежності від співвідношення рівнів води у каналі і ґрунтових вод, визначається рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю

$$q = \gamma_w (h - h_r) \quad (5.4)$$

або

$$q = \gamma_w (h_r - h) \quad (5.5)$$

діючою з боку більшого тиску, м.

5.38 Температурно-кліматичну дію на монолітне бетонне облицювання каналів в експлуатаційний період слід враховувати відповідно вказівкам діючих норм.

5.39 Дія льодового покриття на облицювання в залежності від конкретних умов її роботи може проявлятися у вигляді навантажень від примерзлого льоду при зміні рівня води в каналі і навантаження від суцільного льодового покриття при його температурному розширенні.

5.40 Навантаження від льоду на облицювання потрібно визначати відповідно вказівкам розділу СНиП 2.06.04-82 "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)" і даного Посібника.

5.41 При визначенні льодових навантажень необхідно мати наступні статистичні дані: календарні терміни початку льодових фаз при різних режимах рівнів води в каналі, площі льодового поля, товщину снігового покриття на льоду, температуру повітря і інтенсивність її підвищення, швидкість зниження чи підвищення рівнів у розрахунковий період льодоставу, фізико-механічні характеристики льоду і його товщину, яка залежить від температури повітря, тривалості зими, товщини снігового покриття. Ці дані можуть бути отримані із СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика", довідників клімату СРСР, довідників гідрологічного режиму морів і дельт річок СРСР, гідрологічних щорічників, а також із таблиць ТМ-1, других архівних матеріалів або даних натурних спостережень гідрометеослужби в районі будівництва.

5.42 При відсутності вказаних вище даних потрібно користуватися матеріалами натурних спостережень на каналах-аналогах. Орієнтовно максимальну (розрахункову) товщину льоду на каналах $h_{\text{л}}$ рекомендується визначати за формулою Ф.І. Бидіна

$$h_{\text{л}} = a \sqrt{\sum T_{\text{ср.сут}}} \quad (5.6)$$

де a – коефіцієнт, рівний 2,0;

$T_{\text{ср.сут}}$ – сума середньодобових від’ємних температур повітря, отриманих на основі даних натурних вимірювань.

5.43 При визначенні впливу льоду на облицювання потрібно приймати товщину льоду не менше 40 см.

5.44 При визначенні лінійного навантаження на облицювання каналу від дії суцільного водного покриву при його температурному розширенні початкову температуру повітря $t_{\text{п}}$, від якої починається її підвищення, потрібно визначати за таблицею по СНиП 2.01.01-82 “Строительная климатология и геофизика” як температуру найхолоднішої доби забезпеченістю 0,92.

5.45 Максимальна швидкість підвищення температури повітря встановлюється на основі типового статистичного аналізу даних метеорологічних спостережень у районі будівництва чи ближньому до нього пункті. Аналіз повинен включати дві перемінні: загальне підвищення температури повітря і інтервал часу, коли спостерігається її підвищення. За цими даними для кожного інтервалу часу необхідно визначати найбільше підвищення температури повітря для району будівництва за кожну зиму і встановлювати максимальну величину температури повітря відповідної повторюваності за визначений інтервал часу (6 годин при 4 добах спостережень).

5.46 Товщину льодового покриву для умов сухих малосніжних зим півдня України слід розраховувати із умов відсутності снігового покриву.

5.47 Середня швидкість вітру $V_{\text{u.m}}$ визначається за даними метеорологічних спостережень в районі будівництва, а при їх відсутності – із додатку 4 розділу СНиП 2.01.01-82 для ближніх до будівельного об’єкту районів.

5.48 При визначенні навантажень на облицювання від примерзлого до неї льодового покриву при зміні (пониженні чи підвищенні) рівня води в каналі, швидкість зміни рівня $V_{\text{д}}$ потрібно визначати як частка від ділення витрати води, що надходять або убувають на замкнутій розрахунковій ділянці каналу (танення, фільтрація, аварійне надходження чи скид води), на площу скиду із цієї ділянки.

5.49 Час, за який відбувається деформація льодового покриву при пониженні чи підвищенні рівня води в каналі, визначається як результат ділення величини зміни рівня на швидкість цієї зміни.

5.50 При розрахунках міцності монолітного бетонного облицювання каналів з витратами до $100 \text{ м}^3/\text{с}$ вітрохвильовий режим практичного значення не має. Дія хвиль на каналах може мати вплив тільки на перегороджувальні споруди і основу облицювання (стійкість розмиву від хвиль).

5.51 Розрахунки облицювання і дамб каналів на сейсмостійкість належить виконувати відповідно до положень розділу СНиП II–7-81 “Строительство в сейсмических районах” і даних норм.

5.52 Комплекс заходів, направлених на забезпечення сейсмостійкості каналу, повинен включати перевірочні розрахунки основних елементів облицювання і дамб на сейсмічну стійкість.

5.53 У процесі будівництва і ремонту бетонного облицювання можливі пересування по ній будівельної, транспортної, вантажно-розвантажувальної техніки і т.п., механізмів, що використовуються в будівельний і експлуатаційний періоди (транспортні навантаження).

Транспортні навантаження визначаються в кожному конкретному випадку прийнятою розрахунковою схемою за стандартами або каталогами, а для нестандартної техніки – по паспортним даним заводів-виробників або робочим кресленням.

5.54 Основними характеристиками навантажень являються їх нормативні величини, установлені як указано вище.

Розрахункове навантаження визначається як добуток нормативного навантаження на коефіцієнт навантаження, який враховує можливі відхилення навантажень в несприятливий бік від нормативних значень і установлюється в залежності від врахованого граничного стану.

Розрахунок облицювання на температурний вплив.

5.55 Даний розділ вміщує основи розрахунку термонапруженого стану конструкції облицювання і вказівки по розрахунку поздовжніх і поперечних швів стискання і розширення.

5.56 При розрахунку монолітних бетонних облицювань температурний вплив слід включати в основне сполучення навантажень і впливів, які діють на облицювання.

5.57 Розрахунок на температурний вплив виконується для визначення деформацій і переміщень складових елементів (плит) облицювання при призначенні конструкцій температурно-деформаційних швів і встановлення відстані між швами, а також для оцінки термонапруженого стану конструкції облицювання.

5.58 При товщині облицювання 0,08 м розрахунок на температурний вплив від перепадів добових температур по товщині можна не виконувати.

5.59 Основними вихідними даними при розрахунку конструкції облицювання на температурний вплив являються: сезонні і добові зміни температури повітря і води; теплотехнічні характеристики матеріалу облицювання (бетону).

5.60 Сезонні зміни температури і вологості повітря приймаються по даним метеорологічних спостережень у районі будівництва. При відсутності таких спостережень дані про температуру і вологість повітря в районі будівництва рекомендується приймати по главі СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика".

5.61 Теплотехнічні характеристики бетону, необхідні для розрахунку облицювання на температурні і вологісні впливи, представлені в табл. 5.2.

Таблица 5.2 - Тепло-фізичні характеристики бетону

Тепло-фізичні характеристики бетону	Величина
Коефіцієнт лінійного розширення α , $1/^\circ\text{C}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Коефіцієнт теплопровідності, ккал/м $^\circ\text{C}$ у будівельний період в експлуатаційний період	0С 2,20 1,70
Питома теплоємність С, ккал/кг $^\circ\text{C}$	0,24
Коефіцієнт температуропровідності α_T , м ³ /год	$4 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт тепловіддачі з відкритої поверхні бетону в повітря α_L , ккал. (м ² .год. $^\circ\text{C}$)	20
Коефіцієнт лінійної усадки d_y , $\frac{\text{мм}}{\text{мм}}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Коефіцієнт лінійного набухання $\alpha_{\text{НГ}}$, $\frac{\text{мм}}{\text{мм}}$, при гігроскопічному зволоженні бетону при безпосередньому контакті бетону з водою	$5 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт дифузії води α_v , м ³ /год	$5 \cdot 10^{-6}$
Коефіцієнт вологовіддачі з відкритої поверхні бетону у повітря α_p , м/год	$2 \cdot 10^{-4}$

5.62 Граничними умовами при розрахунку облицювання на температурний вплив являються максимальна і мінімальна температура поверхні покриття на протязі доби і сезону року.

5.63 Для попередньої оцінки температурних дій на облицювання розрахунок температурного режиму облицювання допускається виконувати без урахування

теплового балансу на його поверхні, тобто граничною температурою поверхні облицювання слід приймати температуру навколишнього повітря.

5.64 При розрахунку температурних зусиль температурно-деформаційних швів і відстаней між швами рекомендується враховувати усадку бетону.

5.65 Розрахунки температурного стану облицювання слід виконувати з врахуванням впливу:

- добових коливань температури зовнішнього повітря, коли в результаті нерівномірного нагріву верхньої і нижньої поверхні облицювання в плитах виникають деформації;
- сезонних змін температури зовнішнього повітря, які викликають в облицюванні поздовжні деформаційні переміщення.

5.66 Температурні напруження, які виникають у монолітному бетонному облицюванні на протязі доби, допускається визначати із умови розподілу температури по товщині облицювання за прямолінійним законом. У цьому випадку температура в будь-якому перетині облицювання в залежності від координати z за умови, що $t_b \geq t_n$, визначається за формулою:

$$t_z = t_b - z/\Omega (t_b - t_n), \quad (5.7)$$

де t_b – температура верхньої поверхні облицювання, $^{\circ}\text{C}$;

z – координата розрахункового перетину, яка змінюється від 0 до h , м;

t_n – температура нижньої поверхні облицювання, $^{\circ}\text{C}$.

5.67 При наявності експериментальних даних добових змін температури поверхні облицювання розрахунок розподілу температури по товщині виконується на основі теплотехнічного розрахунку.

5.68 Температурні напруження в окремих шарах облицювання, викликані нерівномірним нагрівом верху і низу облицювання, при прямолінійному законі зміни температури по перетину $\sigma_{\text{вн}}$ визначаються за формулою:

$$\sigma_{\text{вн}} = \alpha \cdot \frac{1}{2} (\beta E) / (1 - \nu) (t_b - t_n), \quad (5.8)$$

де β – коефіцієнт лінійного розширення бетону, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

ν – коефіцієнт Пуассона;

E – модуль пружності бетону.

5.69 Зв'язок між температурним напруженням і розмірами блоків бетонування облицювання встановлюється виходячи із рівноваги сил температурного коливання і відповідно ваги плити за формулою:

$$\sigma = (0,288 \gamma_{\text{об}} L_{x,y}^2) / \Omega, \quad (5.9)$$

де $\gamma_{об}$ – питома вага бетону, н/м³;

$L_{x,y}$ – розміри сторін блоку облицювання, відповідно в поздовжньому і поперечному напруженні, м.

5.70 Оцінка тріщиностійкості конструкції монолітного бетонного облицювання до температурного впливу виконується із умови:

$$\bullet \bullet m_6 R_p, \quad (5.10)$$

де m_6 – коефіцієнт умов роботи бетону у другій групі граничного стану;

R_p – опір бетону на розтягування по осі, н/м².

5.71 Гранично допустимі відстані між швами стискування в монолітному бетонному облицюванні при зниженні температури визначаються за формулою:

$$L = (\bullet_T \div) / (1,4 (\gamma_{об} \div f + c)), \quad (5.11)$$

де \bullet_T – допустиме температурне напруження, яке не повинно перевищувати 0,85 бетону R_p , н/м²;

$\gamma_{об}$, \div – відповідно питома вага бетону і товщина облицювання, н/м³ і м;

f – коефіцієнт тертя облицювання по ґрунту;

c – питоме зчеплення ґрунту, Па (н/м²).

5.72 При визначенні оптимальних відстаней між швами стискування важливим питанням є встановлення діючих сил тертя і зчеплення облицювання з ґрунтом основи влітку і змерзання зимою.

Величина коефіцієнту тертя облицювання по ґрунту основи повинна встановлюватися дослідним шляхом у польових або лабораторних умовах.

При відсутності дослідних даних величину $f_{тр}$ допускається приймати рівною тангенсу кута внутрішнього тертя $tg(\epsilon_r)$ підстиляючого шару ґрунту основи.

5.73 У залежності від прийнятої довжини плити і застосованому складі мастики для герметизації швів величину температурно-деформаційних швів рекомендується призначати по формулі:

$$b^* = (\div L (T_H - T_K) K_{ш}) / (\div_{ш} K_o) \quad (5.12)$$

де b^* – ширина пазу шва, м;

L – довжина (ширина) плит облицювання, м;

\div – коефіцієнт лінійного розширення бетону, ⁰С⁻¹;

$\div_{ш}$ – відносна деформація розтягування бітумо-гумових мастик, значення якої у діапазоні температур від +50⁰С до (-30)⁰С і змінюється від 1,0 до 0,3;

$K_{ш}$ – коефіцієнт умови роботи мастики у шві, рівний 0,5;

K_o – коефіцієнт, який враховує нерівномірну температурну деформацію шва, рівний $1 \pm 0,45$;

T_H – температура облицювання в період заливки швів мастикою, $^{\circ}\text{C}$;

T_K – мінімальна температура облицювання в період його експлуатації, $^{\circ}\text{C}$.

5.74 При будівництві монолітного бетонного облицювання товщиною 0,15 м і менше при температурі зовнішнього повітря нижче 15°C в облицюванні слід передбачати влаштування поперечних швів розширення.

5.75 Відстань між швами розширення L_p назначають із умови розширення облицювання при нагріванні від мінімальної температури в період будівництва до максимальної в період експлуатації, рівній допустимому стисненню протифільтраційної прокладки в швах розширення.

5.76 Відстань між швами розширення визначають за формулою

$$L_p = \epsilon b / \alpha T_p \quad (5.13)$$

де ϵb – деформація стиснення прокладки для просмолених соснових дощок досягає величини $0,5 b$, в розрахунку може бути прийнята з подвійним запасом – $0,25b$; тут b – товщина дошки-прокладки, яка назначається конструктивно, але не менше 0,03 м;

α – коефіцієнт лінійного розширення бетону, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

T_p – розрахунковий перепад середньої температури в облицюванні, визначається за формулою

$$T_p = T_{\max} - T_{yb} + T_z \quad (5.14)$$

де T_{\max} – максимально можлива температура покриття в районі будівництва з врахуванням сонячної радіації, $^{\circ}\text{C}$;

T_{yb} – температура укладки бетону, $^{\circ}\text{C}$;

T_{yc} – температура, еквівалентна усадці бетону, приймається рівною $10-12^{\circ}\text{C}$;

T_z – температура, еквівалентна зниженню температури внаслідок засмічення швів, яка приймається рівною 5°C .

5.77 Приклад розрахунку монолітного бетонного облицювання каналу на дію статичних навантажень представлено у додатку Б.

Розрахунок облицювання на міцність з врахуванням несучої здатності основи

5.78 Розрахунок монолітного бетонного облицювання на міцність заключається у визначенні згинальних моментів, зрізувальних і нормальних сил від розрахункових навантажень (включаючи і температурні), напружень у бетоні з подальшим підбором

(призначенням) необхідного перетину конструкції облицювання і розмірів карт бетонування.

5.79 Розрахунок товщини і визначення оптимальних розмірів карт бетонування як взаємно залежних параметрів облицювання виконується в наступній послідовності:

- траса каналу розбивається на окремі ділянки, характерні однотипними інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами, а також, якщо це передбачено проектом, схожими умовами експлуатації каналу;
- для кожної із ділянок встановлюються розрахункові значення характеристик ґрунтів основи і розрахункові показники матеріалу облицювання;
- визначаються розрахункові навантаження і дії, встановлюється можливе їх неблагонадійне сполучення як у будівельний, так і в експлуатаційний періоди;
- наперед за результатами розрахунків на температурні навантаження задаються основні параметри облицювання (товщина, розміри карт бетонування, місця улаштування стиків) з врахуванням технології його будівництва, уніфікації поперечного перетину каналу, рівневого режиму тощо;
- складаються розрахункові схеми завантаження конструкції облицювання в цілому і його окремих конструктивних елементів;
- використовуючи теорію розрахунку плит на пружній основі і теорію граничної рівноваги, визначають внутрішнє напруження в бутоні від усіх розрахункових навантажень і температурних умов і порівнюють їх з допустимими. На основі виконаного розрахунку будуються відповідні епюри напружень в розрахункових перетинах;
- при перевищенні допустимих напружень змінюють параметри облицювання (товщину, розміри карт, марку бетону) і розрахунок повністю повторюють. У подальшому розрахунок ведеться методом послідовних наближень, коли основні параметри задаються, а потім перевіряються.

5.80 Вихідними даними для статичного розрахунку облицювання являються геометричні параметри конструкції, міцнісні і деформаційні характеристики матеріалу облицювання (бетону) і ґрунту основи, розрахункові навантаження, які визначаються за даними натурних обстежень, паспортними даними або за вимогами підрозділу "Навантаження і впливи".

5.81 Для розрахунку необхідно встановити такі дані:

- півдовжину елементу (плити) l , м;
- товщину плити h , м;
- модуль пружності E , н/м^2 , і коефіцієнт Пуасона матеріалу облицювання (бетону) ν ;
- модуль деформації E_0 , н/м^2 і коефіцієнт Пуасона ν_0 ґрунту основи;
- місця прикладення і величини рівномірно розподілених навантажень q , кН , зосереджених сил P_i , кН , зовнішніх згинальних моментів m_i , $\text{кН}\cdot\text{м}$;
- показник ширини смуги t , який визначається по формулі

$$t = 10 \sqrt[3]{E_0/E} l^3/h^3 \quad (5.15)$$

де l і h – відповідно половина довжини і товщини плити (карти) покриття, м.

5.82 У залежності від встановленої категорії смуги, виду, характеру і місця прикладання навантаження, розрахунки конструкції облицювань мають свої особливості і відрізняються одне від одного. Тому в розділ “Розрахунки облицювань на міцність...” включені лише основні розрахункові положення, якими потрібно керуватись при складанні схем, конкретні ж розрахунки елементів облицювань належить виконувати у відповідності з методикою, викладеною у монографії М.І.Горбунова-Посадова, Т.А.Малікової “Расчет конструкций на упругом основании”.

5.83 Визначення розрахункових зусиль у перерізі облицювання, які виникають від дії декількох навантажень виконується шляхом алгебраїчного додавання епюр від кожного діючого навантаження (у загальному випадку від рівномірного навантаження q , зосереджених сил P_i і зовнішніх згинальних моментів m_i)

5.84 Оцінку міцності конструкції облицювання визначають із умови

$$K_n n_c M \leq m_h m_b R_p W_t \quad (5.16)$$

де M – максимальний згинальний момент у перерізі плити, який виникає від дії зовнішніх навантажень, $\text{н}\cdot\text{м}$;

K_n – коефіцієнт надійності;

n_c – коефіцієнт сполучення навантажень;

R_p – розрахунковий опір бетону розтягуванню при згинанні, н/м^2 ;

m_b – коефіцієнт умов роботи;

m_h – коефіцієнт, який приймається в залежності від висоти перерізу, для облицювання каналів дорівнює 1;

W_t – момент опору перерізу, який для конструкції прямокутного перерізу облицювання визначається за формулою

$$W_t = b h^2 / 3,5 \quad (5.17)$$

де b – ширина плити, м;

h – її товщина, м.

Необхідну товщину плити визначаємо за залежністю

$$h = \sqrt{\frac{3.5M}{R_p^H b}}, \quad (5.18)$$

при цьому товщина бетонного облицювання, отримана в результаті розрахунків, повинна відрізнятись від прийнятої попередньо не більше чим на 10%. У протилежному випадку необхідно назначати іншу товщину і розрахунок повторити.

Оцінка стійкості облицювання

5.85 При оцінці стійкості облицювання, дії протитиску і викидання від дії льодових навантажень розрахунки потрібно виконувати для окремого елемента (плити) кріплення чи його смуги шириною 1 м.

5.86 Перевірка стійкості монолітного бетонного облицювання повинна проводитись для умов будівельного і експлуатаційного періодів.

5.87 Розрахункові навантаження і дії, які визначають стійкість облицювання, потрібно назначати у відповідності з вимогами розділу СНиП 2.06.04-82 “Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)”.

5.88 При розрахунках на стійкість у прийнятій розрахунковій схемі повинні враховуватись конструктивні особливості облицювання (наявність плівки, взаємний вплив суміжних елементів, місце влаштування швів, геометричні параметри і т.д.).

5.89 При розрахунках стійкості елементів облицювання на укосах каналу необхідно враховувати два основні моменти, які визначають стійкість облицювання:

- дія примерзлого до облицювання льоду при коливаннях рівня води в каналі;
- дія протитиску при зниженні рівня води в каналі і наявності ґрунтових вод під облицюванням.

За особливий розрахунковий випадок належить приймати випадок зниження рівня води в каналі при примерзлом до облицювання льодового покриву і одночасній дії протитиску.

5.90 У залежності від виду і умов прикладення навантажень (включаючи наявність гідростатичного протитиску і дії льоду, положення розрахункового рівня води в каналі і рівня льодоставу) у розрахунках облицювання на стійкість враховуються моменти зовнішніх сил, які діють відносно деяких можливих центрів обертання (точок перевертання) конструкції. У монолітному бетонному облицюванні такі центри приходяться на верхнє і нижнє ребро окремого елемента (карти) покриття.

5.91 Коефіцієнт запасу стійкості встановлюється виходячи із умов статичної рівноваги виділеного елемента облицювання чи смуги елемента шириною 1 м по кромці води.

У загальному вигляді коефіцієнт стійкості K визначається за формулою

$$K = \frac{\sum M_y}{\sum M_o} \quad (5.19)$$

де $\sum M_y$ - сума моментів утримуючих сил відносно точки обертання, $n \leq m$;

$\sum M_o$ - сума моментів перевертання відносно тієї ж точки, $n \leq m$.

Значення мінімальних коефіцієнтів запасу стійкості бетонних елементів облицювання на укосі приймаються рівними: для основних сполучень навантажень $K_{осн}=1,15$, для особливих $K_{осб}=1,05$.

5.92 Конструкцію монолітного бетонного облицювання обов'язково потрібно перевіряти на стійкість від навантаження примерзання облицювання до льодового покриття при коливаннях рівня води в каналі. При цьому перевіряється стійкість лише тієї частини кріплення, до якої безпосередньо примерз льодовий покрив.

5.93 Стійкість монолітного бетонного облицювання від льодового навантаження необхідно перевіряти лише в тому випадку, коли товщина льоду перевищує товщину покриття більше чим в 3-3,5 рази.

5.94 Перевірка стійкості облицювання на укосі при дії виривання від льодового покриву ведеться за формулою:

$$K \geq \frac{\sum M_y}{M_k} \quad (5.20)$$

де K – коефіцієнт запасу стійкості;

$\sum M_y$ – сума моментів утримуючих сил відносно прийнятого центру обертання (відносно нижнього ребра при зниженні рівня води, або верхнього ребра при підвищенні рівня), $n \leq m$;

M_k – момент кручення, який вириває кріплення. Він визначається із п.5.13 СНиП 2.06.04-82, $n \leq m$.

5.95 Сума моментів утримуючих сил в загальному випадку визначається за формулою

$$M_y = M_{п} + M_{л} + M_{г} + M_{с} \quad (5.21)$$

де $M_{п} = M_{пс} + M_{пв}$ – момент від власної ваги покриття P_1 і $P_г$, який знаходиться у вільному зваженому стані, $n \leq m$;

$M_{л}$ – момент від ваги льоду $P_{л}$, $n \leq m$;

M_r – момент від примерзлого до облицювання ґрунту P_r , дією якого для запасу міцності нехтуємо, $n \leq m$;

M_c – момент від реактивних сил опору R у зв'язках з сусідніми елементами облицювання, $n \leq m$.

Примітка. Значення рівнодіючих сил опору у швах покриття приймається рівним 5% від ваги плити облицювання.

5.96 При наявності під облицюванням ґрунтових вод для підвищення стійкості облицювання обов'язковою умовою являється додержання заданої (розрахункової) швидкості зниження рівня води у каналі; при цьому максимальна швидкість зниження не повинна перевищувати 0,4 м/добу.

Конструкції і технології будівництва облицювання, які виконуються бетоноукладальними машинами

5.97 Бетоноукладальними машинами виконують два види облицювань: монолітне бетонне і комбіноване бетоноплівкове.

5.98 Конструкція бетонного облицювання складається із шару бетону товщиною до 0,15 м, а бетоноплівкових – із протифільтраційного екрану із поліетиленової плівки товщиною 0,2 мм і шару бетону товщиною 0,06-0,15 м.

5.99 Монолітне бетонне облицювання виконують віброформами ковзаючого типу МВ-17 і самохідними комплексами машин МВ-4, МВ-5, МВ-6, МВ-24, МВ-25, МВ-26 на рейковому ході, а комбіноване бетоноплівкове – ковзаючими бетоноукладачами типу УКО.

5.100 Бетонні облицювання, побудовані такими машинами, мають форму правильної рівнобедреної трапеції, геометричні параметри облицювання приведені в табл.5.3.

Таблиця 5.3 – Геометричні параметри бетонного облицювання

Марка машини	Глибина каналу, м	Ширина по дну, м	Товщина облицювання, м			Крутизна укосу	Наявність протифільтраційного екрану
			Укоси	Дно	Заплечики		
1	2	3	4	5	6	7	8
МВ-15А	0,6-1,0	0,8	0,10	0,12	0,15	1:1,5	Немає
МВ-17А	1,1-1,5	1,0	0,10	0,12	0,15	1:1,5	Немає
МВ-4, МВ-5, МВ-6	1,5-3,0	1,5 2,0 2,5	0,06	0,12	0,15	1:1,5	Немає
МВ-24, МВ-25, МВ-26	2,3-5,7	4-8 (через 1м)	0,12	0,12	0,17	1:2 1:2,5 1:3	Немає
УКО-0,8	0,6-0,85	0,8	0,6	0,08	0,08	1:1,5	Є

			0,10	0,12	0,12		
УКО-1,1	0,8-1,1	0,6	0,06 0,10	0,08 0,12	0,08 0,12	1:1,5	Є
УКО-1,5	1,1	0,8	0,06 0,10	0,08 0,12	0,08 0,12	1:1,5	Є

* - ширина заплечиків 0,15; 0,30 м.

5.101 Організація будівництва повинна забезпечувати безперервний рух бетоноукладального комплексу машин, що досягається безперебійним постачанням його бетонною сумішшю потрібної консистенції, катушки з герметизуючими прокладками, катушками з плівкою, рідиною для безвологісного догляду за бетоном і розчином для замазування швів

5.102 Земляні роботи по підготовці подушки каналу повинні включати наступні основні операції:

1) на ділянках виїмок:

- зрізку рослинного шару і переміщення його у тимчасові кар'єри (місця складування);
- засипку понижень з пошаровим ущільненням ґрунту;
- планування траси каналу.

2) на ділянках насипу:

- зрізку рослинного шару і переміщення його у тимчасові кар'єри (місця складування);
- відсипку насипу під руслом каналу з пошаровим ущільненням ґрунту і при необхідності з його зволоженням;
- планування траси каналу.

5.103 Земляні роботи по підготовці подушки каналу повинні виконуватись з випереджуванням процесу укладання бетонної суміші не більше ніж на 1 міс.

5.104 Вирізка русла каналів глибиною до 1,5 м повинна проводитися шнекороторним екскаватором ЕТР-201В або ЕТР-206 і не повинна випереджати укладання бетонної суміші в облицювання більше ніж на 250 м.

5.105 Підготовку земляного русла каналів глибиною більше 1,5 м виконують у два етапи. На першому етапі виконують розробку ґрунту з недобором 0,2 м за допомогою загальнобудівельної землерийної техніки екскаватора, бульдозерів, а на другому – чистове профілювання за допомогою профілювальників, які входять у комплект машин.

5.106 Приготування бетонної суміші з хімічними добавками необхідно здійснювати у відповідності з вимогами ГОСТ 7473-94. Бетонну суміш готують на

бетонному заводі безперервної дії потужністю не менше 300 м³/год, оснащеному устаткуванням для введення добавок у бетонну суміш. З метою отримання бетонної суміші із стабільною консистенцією слід готувати її на бетонних заводах циклічної дії.

5.107 Добавки слід вводити в бетонну суміш у вигляді водних розчинів.

Дозування розчинів добавок повинно виконуватись по об'єму або по масі з похибкою \pm 2% від розрахункової кількості заповнювачів і цементу, по масі – з похибкою \pm 2,5%.

5.108 Бетонну суміш необхідно транспортувати до місця укладання в автобетонозмішувачах з урахуванням вимог ГОСТ 7473-94.

При будівництві каналів глибиною до 1,5 м і відсутності автобетонозмішувачів допускається транспортування бетонної суміші в автосамоскидах з виконанням вимог указанного ГОСТу. При проходженні каналу у насипу віброформа загружається із цебра, яка подається краном.

5.109 На місці укладання бетонна суміш повинна мати задану консистенцію і однорідність, а виготовлений з неї бетон – проектні марки з водопроникності, морозостійкості і міцності.

5.110 Допустимий час і дальність транспортування готової бетонної суміші з добавками повинні визначатися будівельною лабораторією в кожному конкретному випадку дослідним шляхом у залежності від властивостей бетонної суміші, виду застосованих добавок, температурно-вологісних умов перевезення, стану доріг і інших факторів з врахуванням вимог ГОСТ 7473-76.

5.111 Намотування полімерної плівки із заводських рулонів на катушки механізму розкладання плівки бетоноукладача і герметизуючих прокладок на витратні катушки повинна здійснюватися на спеціальних стаціонарних станках.

5.112 Влаштування монолітного бетонного облицювання включає: прийом бетоноукладачем бетонної суміші і розподілення її по периметру або півпериметру каналу з одночасним ущільненням, виконання поздовжніх деформаційних і донного будівельного швів шляхом закладання герметизуючих профільних прокладок.

5.113 Після цього виконується закладка герметизуючих прокладок і поперечні шви, чистова обробка поверхні облицювання і нанесення на поверхню щойно укладеного облицювання плівкоутворюючої рідини.

5.114 Для запобігання укладеного бетону від зневоджування за рахунок відсмоктування води ґрунтовою основою перед укладанням бетону основу зволожують водою з нормою витрати 2,5 л/м². При улаштуванні комбінованого бетоноплівкового облицювання, крім операцій, указаних вище, додається операція по укладанню

полімерного протифільтраційного екрану по всьому периметру каналу із трьох полотнищ із напусканням суміжних полотнищ не менше 0,15 м.

5.115 Перед початком прийому і укладанням бетонної суміші на бетоноукладачу типу УКО встановлюють на потрібній висоті пристосування для формування заплечиків, а сам бетоноукладач (віброформу) за допомогою автокрана встановлюють у відкриту частину земляного русла. У випадку, коли канал має облицювання, бетоноукладач або віброформу установлюють таким чином, щоб його спрямовуюча частина знаходилась над земляною основою, а вся формуюча частина лежала на облицюванні.

5.116 У випадку будівництва комбінованого бетоноплівкового облицювання до операцій, перерахованих вище, додається операція по установці катушок із плівкою на бетоноукладач, заправка полотнищ у спеціальні щілини і закріплення полотнищ на укосах і дні із забезпеченням необхідного напуску.

5.117 Буксирування віброформи типу МВ виконується за допомогою спеціальних електричних лебідок, встановлених на віброформах і 2-х тракторів Т-130, які використовують як самохідні якорі. В якості самохідного якоря замість тракторів може бути використаний шнекороторний екскаватор типу ЕТР-201В (206). Для бетоноукладача типу УКО використовують 2 трактори Т-130 і тросо-блочну систему.

5.118 До початку робочого руху бетоноукладача або віброформи їх розподільчий бункер повинен бути заповнений бетонною сумішшю у повному об'ємі. У процесі укладки бетонної суміші при пересуванні бетоноукладача або віброформи необхідно здійснювати постійне підживлення бетонною сумішшю розподільчого бункеру таким чином, щоб об'єм бетонної суміші у ньому був не менше 0,75 повного об'єму.

5.119 Тривалість простою бетоноукладача УКО або віброформи із завантаженою бетонною сумішшю не повинна перевищувати 15 хвилин.

5.120 Швидкість бетонування залежить від ряду технічних організаційних факторів і може складати від 1 до 4 м/хв - для бетоноукладачів УКО, від 0,75 до 1,5 хв – для віброформ і від 0,4 до 4,0 м/хв – для бетоноукладацьких комплексів.

У кожному конкретному випадку оптимальну швидкість бетонування належить визначати дослідним шляхом. Критеріями оцінки при цьому являються фізико-механічні показники бетону і якість поверхні облицювання.

5.121 Після проходження бетоноукладача чи віброформи дрібні дефекти на поверхні облицювання необхідно усунути ручним інструментом (гладилками).

5.122 У виконаному облицюванні необхідно нарізати деформаційні шви на відстані, указаній в проекті. Нарізка швів виконується віброножем гільйотинного типу, установленим на бетоноукладачі УКО або віброформі.

5.123 Герметизація деформаційних швів монолітного бетонного облицювання каналу проводиться після набору бетоном міцності не менше 30% від проектної.

Для герметизації деформаційних швів застосовують тіоколову мастику КБ-0,5 або КМ-0,5. В якості протиадгезійного матеріалу вживається водяний розчин рідкого мила з тальком у співвідношенні 2:1:1 і порядок герметизації деформаційних швів наступний:

- очистка деформаційних швів від розчину;
- продувка швів стислим повітрям;
- укладка пороізового канату в нішу шва;
- нанесення протиадгезійного шару;
- заповнення шва тіоколовою мастикою.

5.124 Очистка деформаційних швів виконується ізолювальником вручну. Продування швів стисненим повітрям виконується з допомогою компресора СО-7А, який входить в комплект обладнання, установленного на рамі заповнювача швів МБ-23. Укладка пороізового канату проводиться з допомогою ролика конструкції ЦНИИОМТП.

5.125 Нанесення протиадгезійного шару на поверхню пороізового канату виконується ізолювальником з допомогою щітки. Протиадгезійний матеріал не повинен попадати на вертикальні поверхні елементів, які стикуються, для чого використовуються інвентарні кутки розміром 40x25x1000 мм.

5.126 Тіоколова мастика вноситься у шов за допомогою заливальника швів МВ-28.

5.127 У кінці зміни в облицюванні необхідно влаштувати міжзмінний, а при вимушених зупинках технологічного процесу укладки бетонної суміші на 0,3 години і більше – будівельний шов.

5.128 Виконане монолітне бетонне або комбіноване бетоноплівкове облицювання повинно мати чіткі геометричні форми і розміри, які відповідають проектним, гладку поверхню без напливів і раковин.

5.129 За свіжоукладеним бетонним облицюванням необхідно здійснювати догляд шляхом нанесення на його поверхню плівкоутворюючих речовин на основі латексу. Нанесення плівкоутворюючої речовини на поверхню облицювання повинно

проводитися відразу ж після закінчення його обробки, але не пізніше ніж через 15 хвилин після бетонування.

5.130 При улаштуванні комбінованого облицювання вологісний догляд за бетоном виконується оснащенням, встановленим на бетоноукладачу УКО, а при влаштуванні монолітного облицювання – з використанням розповсюджувача плівкоутворюючих матеріалів МВ-23.

5.131 Нанесення плівкоутворюючих матеріалів на свіжоукладений бетон виконується у два шари при загальній товщині плівки 0,20 – 0,25 мм. Другий шар слід наносити після висихання першого.

5.132 При безвологісному догляді за бетоном облицювання рекомендуються такі плівкоутворюючі матеріали:

- бітумні емульсії;
- лак етинол (БТУ 1267-57);
- лаки для синтетичних смол типу ФЛ-1, ФЛ-2 (ВТУ 35-68);
- помороль і ряд інших захисних речовин.

5.133 При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні і розробленій технології зволоження допускається застосування вологісного догляду за свіжоукладеним бетоном шляхом періодичного зволоження бетонної поверхні облицювання водою або покриття бетону вологоємними матеріалами, те ж саме — полімерними плівками.

Збірні облицювання каналів

5.134 Для облицювань зрошувальних каналів рекомендується застосовувати залізобетонні попередньо напружені плити, виготовлені із жорсткого бетону відповідно ГОСТ 22930-87.

5.135 Плити НПК використовуються для каналів з глибиною води до 3,0 м при максимальній висоті хвилю 0,5 м і відсутності льодових навантажень.

5.136 Типові секції каналів, облицьованих плитами призначаються для каналів з глибиною води від 3,0 до 5,0 м і висотою хвилі не більше 1,0 м, товщиною льоду не більше 0,80 м.

5.137 Облицювання із збірних плит мають наступні конструкції: укosi і дно каналу облицьовуються збірними плитами, заплечики виконуються із монолітного бетону або укosi облицьовуються плитами, дно і заплечики виконуються із монолітного бетону.

5.138 Технологія будівництва каналів із збірних плит НПК без плівки складається із ряду послідовних і паралельних технологічних процесів і робіт, які

включають вирізку земляного русла каналу, доставку і складування вздовж траси каналу плит, укладку плит на дно і укоси каналу, приготування і доставку бетону, влаштування заплечиків, влаштування деформаційних швів у заплечиках, герметизація швів у облицюванні каналу і безвологісний догляд за свіжоукладеним бетоном у швах і заплечиках.

5.139 Технологія будівництва каналу із збірних плит НПК включає додатково операції по зварюванню плівки в одне полотнище, доставка плівки на об'єкт, розкладка плівкового екрану по периметру каналу, укладка смуг руберойду під стики між плитами.

5.140 Доставку плит НПК необхідно виконувати панелевозами НАМИ-790. Доставлені на об'єкт плити необхідно розкласти вздовж каналів у відведених місцях складування на інвентарні піраміди конструкції "Союзоргтехводстрой" за допомогою автокрану КС-356-А. Піраміди розташовуються в зоні роботи крану. Запас плит повинен забезпечувати безперебійну роботу ланки монтажників на протязі не менше ніж 2-х змін.

5.141 При улаштуванні збірного облицювання по плівці необхідно підготувати поліетиленовий екран. Для улаштування плівкового екрану рекомендується стабілізована поліетиленова плівка, яка задовольняє вимоги ГОСТ 10354-82 товщиною 0,2 мм.

5.142 Екран складається із полотнищ, які готують шляхом зварювання окремих смуг плівки між собою. Розміри полотнищ плівки визначаються поперечним перетином каналу і масою полотнищ, яка не повинна перевищувати 100 кг.

5.143 Ширина полотнищ плівки повинна бути більше периметру каналу на запас, необхідний для запобігання надмірного натягування плівки і рівний 10% від довжини периметру каналу, при глибині каналу до 1,5 м – додаткового на 0,1 м для закріплення боків екрану.

Додатковий запас на кожний шов при зварюванні плівки дорівнює 4 см.

Довжина полотнища приймається з урахуванням 5-6% запасу на вільну, без натягування, укладку і запасу на з'єднання полотнищ між собою.

5.144 Зварювання плівки в полотнища повинно виконуватися в стаціонарних умовах. Воно може виконуватися спеціальним пристроями, а при їх відсутності – побутовою електричною праскою з терморегулятором або полозами.

Спосіб і режим зварювання залежить від виду плівки, її властивостей, терміну і умов зберігання. Для кожної отриманої партії плівки необхідно спочатку відпрацювати режим зварювання на зразках (швидкість, температура, притискувальні зусилля).

Зварювана плівка повинна бути чистою і сухою. Забруднення і старіння плівки призводить до повної або часткової втрати здатності до зварювання.

Контроль якості зварних швів здійснюється візуальним оглядом швів зварювальником і його помічником. При цьому виявляються такі дефекти як непроварювання або перекіс і перевіряється міцність шва на розрив руками.

При непроварюванні або перекосі необхідне повторне зварювання шва.

5.145 Полімерна плівка і виготовлені полотнища повинні зберігатися в темному приміщенні.

Для запобігання механічних пошкоджень плівки при транспортуванні, рулони або пакети полотнищ плівки повинні бути упаковані в брезент, мішковину або відпрацьовані куски плівки.

5.146 Технологічна послідовність укладки поліетиленових полотнищ визначається розмірами каналу і полотнищ.

Край полотнищ на величину 0,10-0,15 м запускають на берму каналу. Цей напуск необхідний для наступного з'єднання полотнища з бетонними заплечиками.

На період будівництва краї полотнищ закріплюються на узбіччі каналу привантаженням, яке прибирають після закінчення робіт.

5.147 З'єднання полотнищ безпосередньо у каналі виконується зварюванням за допомогою зварювальних ручних інструментів.

При відсутності постійної електромережі електропостачання забезпечується від пересувної електростанції.

5.148 При влаштуванні поліетиленового екрану ходити по плівці дозволяється тільки у спеціальному взутті. Спеціальне взуття повинно бути без каблучок із м'якою підошвою, що виключає пошкодження плівки. Ліквідація поривів плівки і дефектів зварювання, виявлених при укладанні полотнищ, виконується шляхом наклеювання пластиру із поліетиленової клейкої стрічки. Ремонт екрану допускається виконувати шляхом наклеювання заплати, використовуючи гумово-бітумну мастику.

5.149 До монтажу збірних плит дозволяється приступати після завершення підготовчих робіт.

5.150 Стропування плит виконується за допомогою спеціальних чотирьох строп, з яких два коротші, що дозволяє утримувати плити при монтажі у нахиленому стані.

5.151 Укладка плит виконується спочатку на дно каналу, а потім на укоси. Плити укладаються вверху гладкою поверхнею, яка при пірамідальній формі виготовлення має меншу площу, ніж протилежна площина.

5.152 Необхідна величина зазору між плитами забезпечується укладкою в стики бетонних призм розміром 10х10х6 см по 2 призми в кожную горизонтальну сторону плити.

5.153 З метою запобігання від пошкодження плівки гранями плит (збірне облицювання по плівці) перед їх монтажем під стики підстиляються смуги шириною не менше 0,2 м із щільного паперу, пергаменту, толю або іншого достатньо міцного і недорогого матеріалу. Не допускається волочіння плит по плівці.

5.154 Улаштування заплечиків повинно передувати роботам по герметизації стиків. Бетонну суміш подають у зону бетонування порціями за допомогою крану з цебром або автобетонозмішувача. Ущільнення суміші виконується поверхневими вібраторами типу ІВ-2.

5.155 Деформаційні шви у заплечиках роблять через 6 м по довжині каналу шляхом занурення антисептированої дошки товщиною 0,2 м вручну на повну глибину свіжоукладеного бетону.

5.156 Догляд за свіжоукладеним бетоном у швах здійснюють шляхом нанесення на бетонну поверхню плівкоутворюючої рідини за допомогою агрегату МВ-23.

5.157 При улаштуванні збірного облицювання без плівки герметизацію швів між укладеними плитами слід виконувати тіюколовою мастикою КВ-0,5 або КМ-0,5 після завершення робіт по монтажу плит і бетонування заплечиків. Порядок герметизації стиків наступний:

- заповнення стиків цементним розчином;
- очистка стиків від будівельного сміття;
- продувка стиків стислим повітрям;
- нанесення протиадгезійного шару;
- заповнення стиків тіюколовою мастикою.

Очистка стиків від бруду, сміття, жирних плям виконується ізолювальником вручну, або за допомогою металічних щіток. Продувку стиків стислим повітрям здійснюють за допомогою компресора СО-7в, який входить в комплект обладнання, встановленого на рамі заповнювача швів МБ-28. Заповнення стиків цементним розчином виконується за допомогою розчинонасосу СО-69, який працює від електростанції АД-5Т/230. На укладений цементний розчин наноситься протиадгезійний шар із водного розчину рідкого мила з тальком у співвідношенні 2:1:1. Ця робота виконується ізолювальником за допомогою щітки. Заповнення стиків тіюколовою мастикою виконується за допомогою установки МБ-28 шаром 0,05 м, поверхня якого зразу ж розрівнюється.

5.158 При улаштуванні збірного облицювання по плівці герметизацію стиків між укладеними плитами слід виконувати дрібнозернистим бетоном із обов'язковим ущільненням або утрамбовуванням.

5.159 Збірно-монолітна конструкція облицювання представляє собою, як правило, конструкцію, в якій дно виконують із монолітного бетону товщиною до 0,12 м, а укоси – із плит НПК, укладених на ґрунтову основу або на плівковий екран. Технологія будівництва каналу із збірно-монолітного облицювання без плівки включає вирізку земляного русла, підготовку і доставку бетонної суміші, прийом, розподілення і укладку бетонної суміші на дно і заплечики каналу, обробку поверхні облицювання, улаштування поперечних деформаційних швів на дні і заплечиках, догляд за твердіючим бетоном, замазку швів на дні і заплечиках, доставку і складування вздовж траси каналу плит, укладку плит на укоси каналу, герметизацію стиків між плитами.

5.160 Технологія будівництва каналу із збірно-монолітного облицювання по плівці додатково включає операції по зварюванню плівки, розкладці плівки екрану по периметру каналу, укладці смуг руберойду під шви між плитами .

5.161 При будівництві збірно-монолітного облицювання без плівки необхідно застосовувати наступну технологію:

- укладка монолітного бетону на дно каналу;
- улаштування деформаційних швів в облицюванні на дні каналу і їх герметизація;
- безвологісний догляд за бетоном;
- укладка плит на укіс каналу;
- улаштування заплечиків і деформаційних швів в них;
- улаштування швів між плитами.

5.162 Бетонну суміш на дно каналу подають із ковша, який переміщається краном, потім суміш розрівнюють лопатами і вирівнюють майданчиковими вібраторами. Деформаційні шви улаштовують через 6 м. Для цього в облицювання вставляють антисептировані бруски, які по мірі застигання бетону виймають і герметизують шви.

5.163 Герметизація швів на дні каналу повинна виконуватись таким чином:

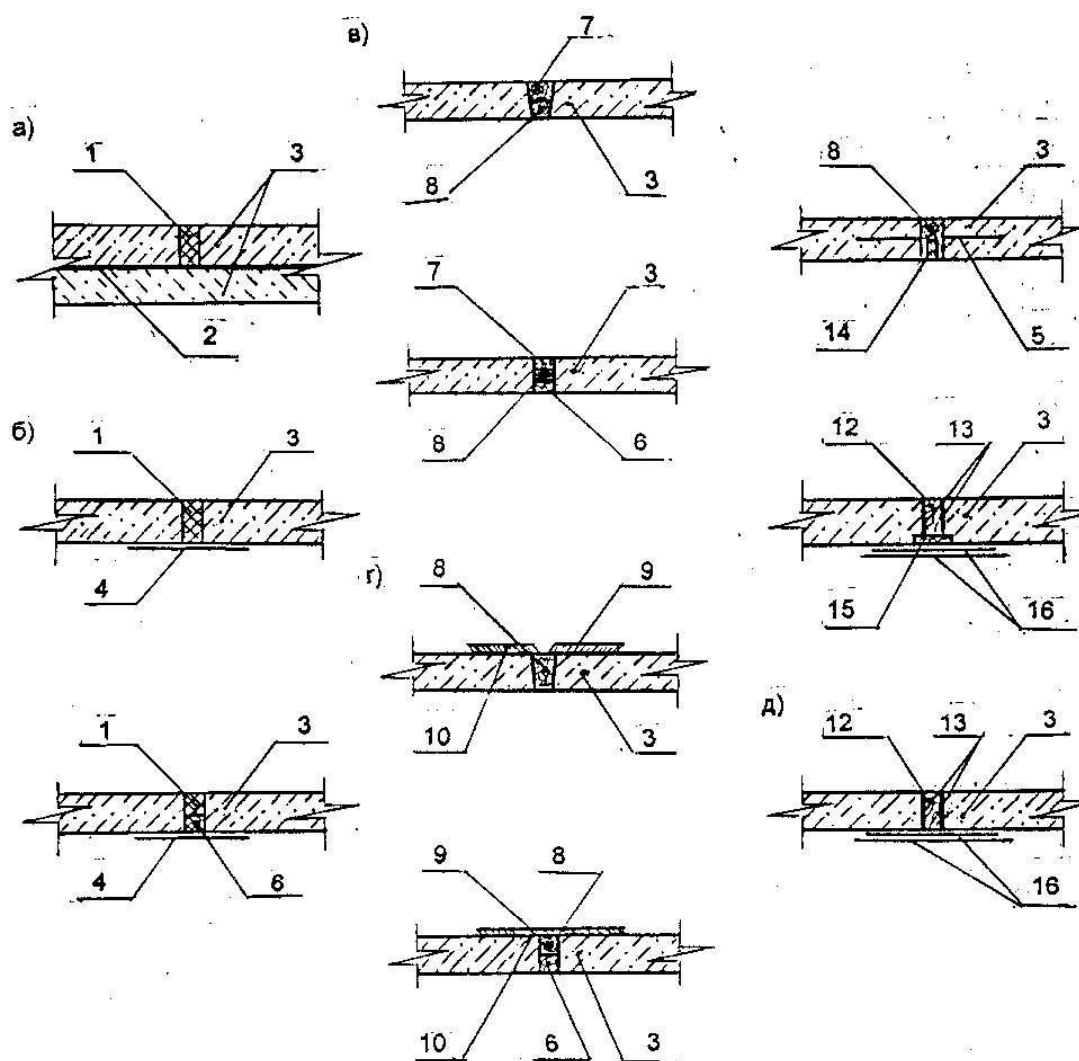
- виймання брусків;
- очищення деформаційних швів від розчину;
- продувка швів стиснутим повітрям;
- закладка в шви проізоляного канату;
- нанесення протиадгезійного шару;

- заповнення швів тіколовою мастикою.

5.164 Безвологісний догляд за бетоном повинен виконуватись за допомогою пристрою МБ-23.

Технологія улаштування збірно-монолітного облицювання по плівці включає додаткові роботи з плівковим екраном. В цьому випадку антисептовані дошки із деформаційних швів не виймаються і шви не герметизуються, а шви між плитами на укосах заповнюють бетонною сумішшю на дрібнозернистому щебені з наступним її ущільненням вібрацією або трамбуванням.

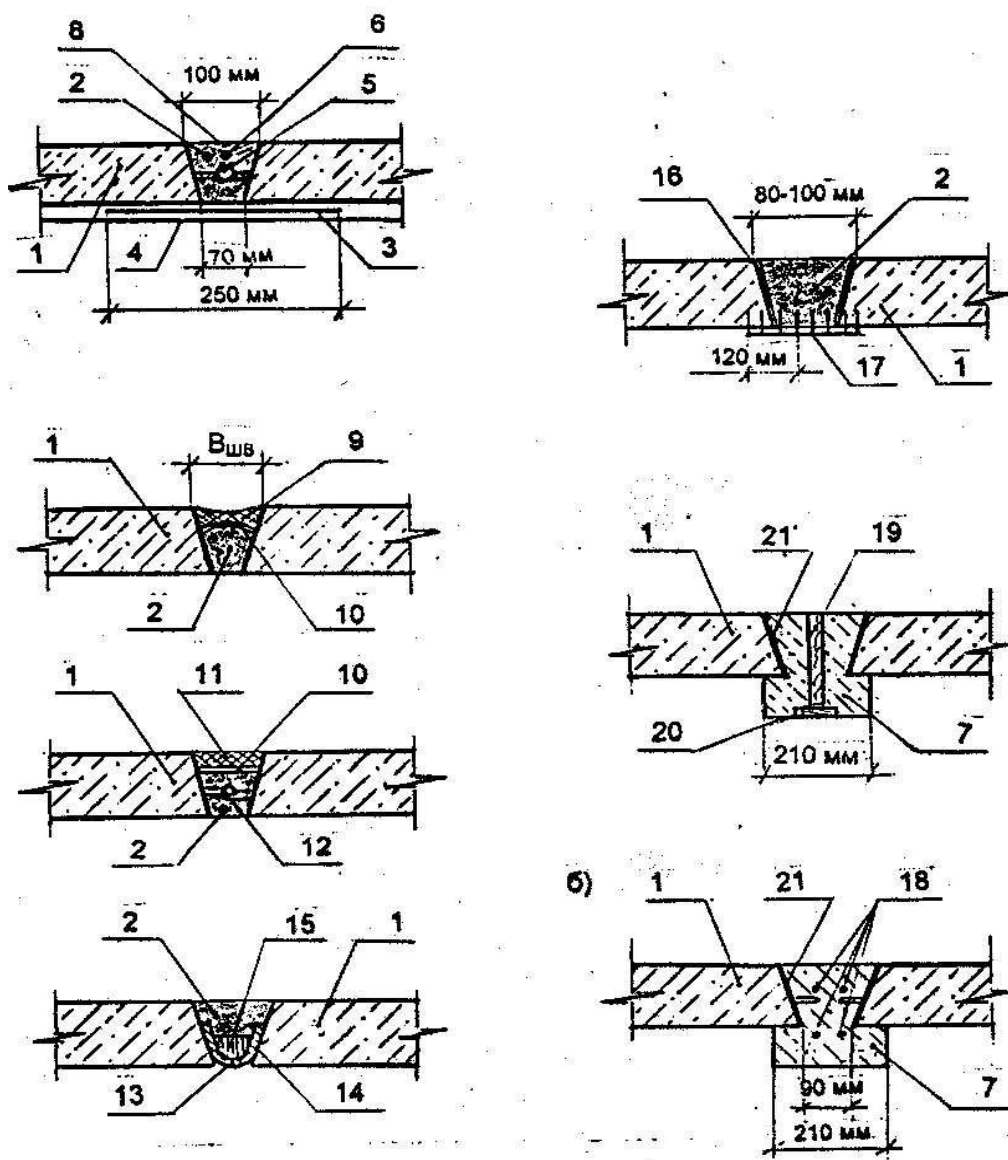
5.165 Найбільш розповсюджені конструкції стиків і деформаційних швів приведені на рис. 5.1 і 5.2.



а – монолітне двошарове бетонне покриття з гідроізоляцією між шарами; б – г – одношарові монолітні бетонні покриття; д – жорсткий шов

1 – бітумнополімерна мастика; 2 – гідроізоляція; 3 – монолітний бетон; 4 – підкладка з протиадгезійним гаром; 5 – поліетиленова плівка; 6 – бруски довжиною 15 см; 7 – полімерна мастика по адгезійному шару; 8 – цементний розчин; 9 – тіколова смужка чи армогерметик; 10 – клей з герметика; 11 – плівка 0,2 мм; 12 – дошка 25 мм; 13 – обмазка бітумом 3-4 мм; 14 – шлаковата; 15 – дошка 20 мм; 16 – пергамін.

Рис.5.1 Конструкції швів монолітного бетонного (залізобетонного) покриття каналів



а – деформаційні шви; б – жорсткий шов

1 – залізобетонна плита; 2 – цементний розчин; 3 – пергамін; 4 – полімерна плівка; 5 – скрутка із обпаленої арматури $d = 6$ мм, $l = 0,5$ м; 6 – стрижень $d = 5$ мм, $l = 0,5$ м; 7 – замурування шва дрібнозернистим бетоном В15; 8 – покриття поверхні шва лак-етинолем; 9 – тіколова мастика; 10 – протиадгезійний шар; 11 – бітумнополімерна мастика; 12 – монтажні петлі зварені між собою; 13 – тіколова еластична смужка; 14 – клей із тіколової мастики; 15 – шлаковата або войлок; 16 – направлена тріщина; 17 – профілактична прокладка; 18 стрижні $d = 8$ мм, $l = 6,5$ м; 19 – дошка 25 мм; 20 – дошка 20 мм; 21 – покриття бітумом; $B_{шв}$ – ширина шва (визначається по формулі)

Рис. 5.2 Конструкції поперечних швів між збірними конструкціями із залізобетонних плит

Розрахунок стійкості плит НПК при дії хвиль і спрацюванні рівня води.

5.166 Для визначення допустимого спрацювання рівнів води використовуємо формулу, отриману в результаті додавання сил, діючих на плиту (рис.5.3):

$$\varphi h = h_r - \sqrt{h_z^2 - 1,15G(\sin 2\alpha / \rho)}, \quad (5.22)$$

де h_r - висота шару води за облицюванням, м;

G - маса плити НПК, кН;

α - кут нахилу облицювання до горизонту, град.;

ρ - питома вага води, кН/м³.

5.167 Результати розрахунку по формулі (5.22) показують, що із збільшенням глибини ґрунтових вод (h_r) величина допустимого спрацювання зменшується. При глибині ґрунтової води за облицюванням у межах від 3,4 до 2 м φh змінюється від 0,22 до 0,355 м. Приймаємо допустиме спрацювання 0,3 м/добу.

Виконаємо перевірку часу спрацювання рівня води за облицюванням в результаті фільтрації через ґрунт з $K_f=0,25$ м/добу і коефіцієнтом водовіддачі $\alpha=0,12$ по формулі, виведеній по методу послідовної зміни стаціонарних станів:

$$t = mL \frac{\mu}{K_{ф.з.}} \left[\ln \frac{H_0}{H_1} + \frac{z}{12m} \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_0} \right) - 2m(\eta_0 - \eta_1) + \frac{5m^3}{36} (\eta_0^3 - \eta_1^3) \right] \quad (5.23)$$

де $\eta_0=H_0/L$; $\eta_1=H_1/L$;

$L = H_0$ – довжина об'єму спрацювання за облицюванням, м;

H_0 – рівень води за облицюванням до початку спрацювання, м;

H_1 - рівень води за облицюванням при спрацюванні у каналі $=0,3$ м, м;

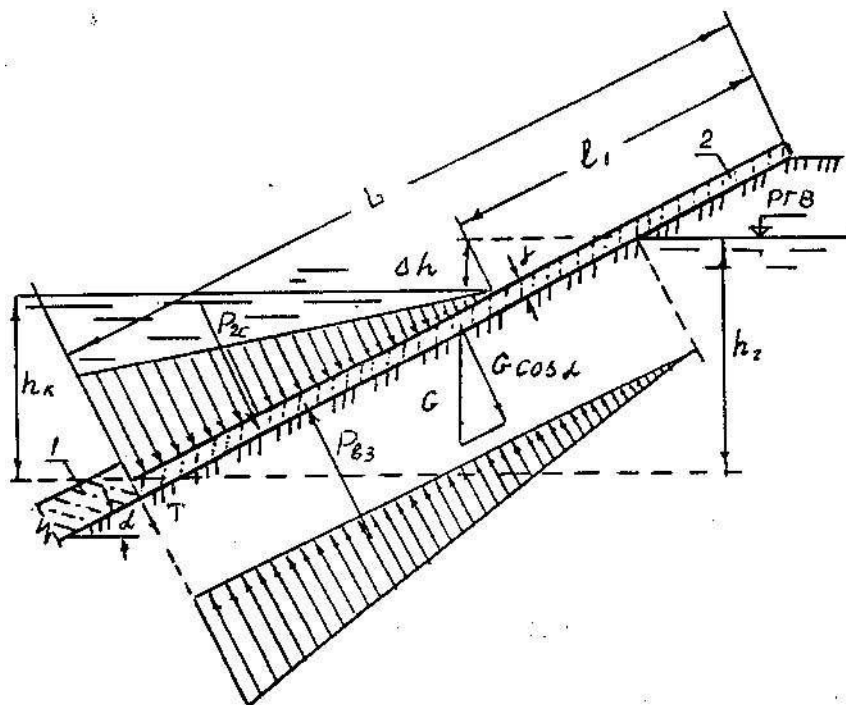
У розрахунку приймаємо $m = 2,5$; $L = 3,5$ м; $H_0 = 3,5$ м; $H_1 = 3,2$ м.

$t=2,5 \cdot 3,5(0,12/0,25)(\ln(3,5/3,2)+7/(12 \cdot 2,5) \cdot (1/0,914-1)-2 \cdot 2,5(1-0,914)+5 \cdot 2,5^3/36(1-0,83)) = 4,2 (0,0896-0,02-0,43+0,513 = 4,2 \cdot 0,1526 = 0,641$ доби.

Таким чином, час зниження рівня води за облицюванням менше доби, що дозволяє прийняти спрацювання рівня води у каналі $\varphi h=0,3$ м/добу. Із зменшенням h_r за облицюванням рівень спрацювання φh може бути збільшений (рис.5.3)

Проведемо перевірку верхньої частини облицювання на опір спливанню під дією хвильового зваженого тиску по формулі:

$$\delta = \frac{h_{1\%} \xi \psi \rho_n (3\ell_1(1+K) + h_{1\%} \psi (1,5 + K)^2)}{3(\ell^2 \rho_n - (\ell^2 - \ell_1^2) \rho_w) \cos \alpha} \quad (5.24)$$



1 – монолітний бетон; 2 – плита НПК

Рис. 5.3 Допустиме спрацювання рівня води

де $h_{1\%}$ - висота розрахункової хвилі 1% забезпеченості при штормі (0,4 м);

\boxtimes , \boxminus і K - параметри, які характеризують лінійні розміри епюру зваженого хвильового тиску (для $m=2,5$; $\boxtimes=0,3$; $\boxminus=1,2$; $K=1,1$; $n=1,1$ - коефіцієнт перевантаження);

\square_w - питома вага води;

l , l_1 - відповідно довжина плити НПК (6,0 м) і довжина “не змоченої” частини плити (2,0 м) (рис.5.4);

\square_n - питома вага залізобетону 24 кН/м³;

φ - кут нахилу облицювання до горизонту ($\varphi = 21^{\circ}45'$).

$$\delta = \frac{0.4^2 \cdot 0.3 \cdot 1.2 \cdot 1.2 \cdot 10(3 \cdot 2 / 2.1) + 0.4 \cdot 1.2(2.6)^2}{3(36 \cdot 24 - (36 - 4) \cdot 10)0.9285} =$$

$$= \frac{0.6336(12.6 + 3.245)}{3(864 - 32)0.9285} = \frac{10.1}{1515.3} = 0.0067_m$$

Вибрана товщина плити 0,06 м забезпечує стійкість плити при дії хвилі $h_{1\%}=0,4$ м.

Грунтові екрани

5.168 Грунтові екрани можуть улаштовуватися шляхом укладки і ущільнення привізного ґрунту або доущільнення місцевого з добавками глин або без них. Вертикальні замки слід виконувати шляхом копання траншей захватами по 1-1,5 м і заповненням ґрунтовим розчином.

5.169 При виборі варіанту протифільтраційного заходу слід враховувати втрати води із незахищеного русла і нормативні вимоги до коефіцієнта корисної дії каналу і системи в цілому.

5.170 Приймаючи варіант глинистого екрану слід враховувати, що зниження його протифільтраційного ефекту відбувається як наслідок розущільнення і розмиву, виникнення тріщин, пошкодження екрану землерийними тваринами, корінням рослин. До числа заходів, які зменшують дію цих факторів на екран, відносяться:

- створення захисного ґрунтового шару;
- правильний вибір ґрунтів, щільностей і технологічної вологості ущільнених ґрунтів;
- прийняття режиму цілорічного наповнення;
- кріплення укусу бетоном або іншими матеріалами в зоні спрацьовування рівнів води і хвилелому;
- застосування гербіцидів.

5.171 При проектуванні ґрунтових екранів слід керуватися діючими нормами проектування, правилами організації виконання робіт і приймання в експлуатацію.

5.172 У залежності від форми поперечного перетину каналу екрани можуть бути:

- а) трапецеїдальний з вертикальними замками або без них при відповідному закладанні укосів $m \geq m_1$;
- б) прямокутними складеними із горизонтальних ділянок і вертикальних замків;
- в) полігональними.

5.173 Елементи ґрунтового екрану повинні бути захищені шаром ущільненого ґрунту. Поверхню основи екрану слід розпушити безпосередньо перед укладкою ґрунту екрану або ґрунтової суміші.

5.174 Товщину екрану на каналах рекомендується приймати від 0,2 до 0,6 м і в окремих випадках більше при відповідному обґрунтуванні у проекті. Товщина захисного шару на каналах, спорожнених на зиму, назначається не менше глибини промерзання ґрунту в даному районі, а для каналів з цілорічним наповненням товщина захисного шару підбирається з умови мінімально необхідного привантаження, яке зменшує розущільнення екрану (компенсує тиск набухання). Товщина захисного шару коректується по результатах розрахунку його стійкості.

5.175 Коефіцієнт укосів ґрунтового екрану визначається по результатах розрахунків стійкості екрану і захисного шару, уточнюється по умовам роботи механізмів на укосах. Для забезпечення нормальної роботи ущільнюючих і ґрунтозмішувальних машин укоси повинні бути не менше 1:3,5 – 1:1,4.

5.176 Ґрунти і ґрунтові суміші для екранів (суглинки, суміш суглинку з глиною, суміш супіску з глиною) повинні мати коефіцієнт фільтрації не більше $1,2 \cdot 10^{-9}$ – $1,2 \cdot 10^{-10}$ м/с.

Ґрунти за своїми властивостями повинні задовольняти вимоги, висунуті до ґрунтів для будівництва екранів, діафрагм і ядер гідротехнічних споруд (СНІП 2.06.05-84). Ґрунти повинні піддаватися розробці і ущільненню будівельними механізмами.

При наявності у ґрунтах, призначених для екранів, більше 5% водорозчинних хлоридних або більше 10% сульфатних або сульфатно-хлоридних солей, або більше 5% по вазі органічних речовин або більше 8% органіки в аморфному стані, треба спеціальне обґрунтування для застосування таких ґрунтів.

5.177 Основний показник – проектна щільність сухого ґрунту екрана $\rho_{\text{д.екр.}}$ досягається ущільненням ґрунту при технологічній вологості W_t встановлюється по результатам досліджень e_r і C зразків ґрунту екрана при наступних вологостях: W_t , W_m

і W_H (вологість повного набухання ґрунту під навантаженням еквівалентної ваги захисного шару ґрунту і тиску води в каналі). при цьому зразки ґрунту чи суміші приготавливаються для досліджень на набухання при оптимальних вологостях і щільностях $W_{\text{опт}}$, $\rho_{\text{с.опт}}$. Значення технологічної вологості знаходиться в межах між W_m і W_H . Цим умовам відповідає вологість глинистого ґрунту:

$$W_t = W_m \pm 4\% \quad (5.25)$$

Примітка. Щільність екрану при такій вологості трохи нижче $\rho_{\text{с.опт}}$, але як показує практика, оптимальна вологість в часі знижається до стабільної: при навантаженнях 0,15 мПа на 21-18%, а при навантаженнях 0,06 мПа на 14-8% із відповідним підвищенням вологості.

Таким чином прагнення придати ґрунтовому екрану із глинистих ґрунтів оптимальну щільність практично не виправдовується.

5.178 Проектна щільність екрану при відомій W_t може бути встановлена по формулі

$$\rho_{d, \text{пр}} = \frac{\rho_s (1 - b)}{W_t + (1 - b)}, \quad (5.26)$$

де ρ_s - щільність частинок ґрунту;

$b = 0,03-0,045$ – коефіцієнт, який враховує об'єм защемленого повітря.

5.179 Найбільш придатними для екранування укосів є суглинки із числом пластичності $I_p = W_L - W_p = 10-12\%$ за умови стійкості і водопроникності. Піски і супіски з числом пластичності 1-2% можуть бути використані для екранів з добавками глини з числом пластичності більше 17%. Величина добавки встановлюється по результатах лабораторних випробувань. Для горизонтальних і вертикальних елементів (замків) екранів можуть використовуватися полімінеральні глини різної ступені гідрофільності і в тому числі високогідрофільні глини з високим числом монтморилонітом і гідрослюдою.

5.180 При відповідних умовах протифільтраційний ефект на каналі може досягатися шляхом якісного ущільнення насипу із суглинків і подальшою вирізкою перетину каналу або доущільненням суглинків природного складу у ложі каналу.

5.181 При наявності порошкових глини типу бентонітових, екранування може бути виконано із суміші пісків або супісків з глинопорошком (від 10 до 5%) при умові, що глинопорошок при замочуванні збільшується в об'ємі на 100% і більше.

5.182 Для захисних шарів екрану можуть використовуватися супіски, суглинки, піски. При цьому швидкості води у каналі по відношенню до цих ґрунтів повинні бути нерозмиваючими.

5.183 Для запобігання розмиву ґрунту захисного шару і підвищення його стійкості на укосах слід виконувати пошарове ущільнення по $\sigma_d = 16,0-17,5\%$ кН/м³ в залежності від типу ґрунтів. У зоні хвилелому на ділянці від бровки укосу і нижче розрахункового рівня на 0,5 м слід влаштовувати кріплення із бетонних або залізобетонних плит.

5.184 При гарантованій загальній стійкості масиву ґрунтів, в якому проходить канал, стійкість екрану і захисного шару слід перевіряти по плоских поверхнях зсуву, встановлюючи коефіцієнт стійкості K_y , як відношення

$$K_y = \gamma_n (\gamma_{bc} / \gamma_c) \cdot R/F \quad (5.27)$$

де R , F – розрахункові значення відповідно сили паралельного опору і узагальненої зсувної сили, н;

γ_n – коефіцієнт надійності, який приймається відповідно СНиП 2.02.02-85 для споруд III класу – 1,15; для споруд IV класу – 1,10;

γ_{bc} – коефіцієнт сполучення навантажень, для основного сполучення навантажень дорівнює 1,0;

γ_c – коефіцієнт умови роботи, який приймається по СНиП 2.02.02-85, як для штучних укосів, рівним 1,0.

$$K_y = \frac{G_1 \cos^2 \alpha_1 + tg \varphi_2 + G_2 tg(\varphi_e + \alpha_2) + C_e (L_1 \cos \alpha_1 + L \cos \alpha_2 - W_d \cos \alpha_1)}{G_1 \cos \alpha_1 \sin \alpha_1}, \quad (5.28)$$

де G_1 - вага екрану і захисного шару, н;

φ_2 - кут нахилу поверхні ковзання, град.;

G_2 - вага лівої частини екрану і захисного шару, н;

φ_1 - кут нахилу екрану до горизонту, град.;

φ_e - кут внутрішнього тертя ґрунту екрану, град.;

C_e - питоме зчеплення ґрунту екрану, Па;

L_1 - довжина екрану, м;

L_2 - довжина лінії ковзання, м;

W_d - гідродинамічний тиск при спрацьовуванні рівня води у каналі на φh , н/м.

$$W_d = n \gamma_b I F_{\text{нас}} \quad (5.29)$$

де n – пористість ґрунту захисного шару;

γ_b - об'ємна вага води, н/м³;

I - градієнт фільтрації;

$F_{\text{нас}}$ - площа насичення водою ґрунту екрану або ґрунту захисного шару, м².

$$I = \varphi h / \varphi b = 1 / \sqrt{1 + m^2}, \quad (5.30)$$

де $m = \operatorname{ctg} \varphi_1$.

Далі слід провести оцінку прийнятої товщини екрану (проекція товщини екрану на горизонталь) по умовам тривалої міцності екрану:

$$a = \frac{H^2 (\operatorname{ctg} \alpha_2 - \operatorname{ctg} \beta) (1 - \operatorname{ctg} \alpha_1 \operatorname{tg} \varphi_e)}{2H_{90}K - 2H(1 - \operatorname{ctg} \alpha_1 \operatorname{tg} \varphi_e)} \quad (5.31)$$

де H – висота укосу, м;

φ – кут нахилу захисного шару до горизонталі (верхня лінія), град.;

$H_{90} = RC_e / \square_s \leq (45^\circ - \varphi_e/2)$;

$$R = 1 + \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi_e/2) \operatorname{tg}(\varphi) \quad (5.32)$$

Грунтоплівкові екрани

5.185 Дані норми повинні виконуватися при проектуванні грунтоплівкових протифільтраційних покриттів магістральних і крупних розподільчих каналів зрошувальних систем.

Під грунтоплівковим протифільтраційним покриттям розуміються конструкції, які включають в якості основного протифільтраційного елементу плівку (табл.4.12), підстиляючий і захисний шари.

5.186 Проектування грунтоплівкових покриттів каналів повинно виконуватися у відповідності із ДБН В.2.4.1-99 “Мелиоративні системи та споруди”, СНиП 2.06.05-84 “Плотины из грунтовых материалов”, СНиП 2.02.02-85 “Основания гидротехнических сооружений”, СН 551-82, а також із врахуванням специфічних вимог, викладених у даних нормах.

5.187 Грунтоплівкові протифільтраційні покриття слід застосовувати головним чином для каналів з цілорічним наповненням водою при незначних коливаннях її рівнів у процесі експлуатації каналу.

5.188 Для створення ґрунтових шарів слід, як правило, застосовувати піщані ґрунти з частинками максимальної величини до 5 мм, суглинки і глини. У ґрунті підстиляючого і захисного шарів не повинно бути льоду, снігу, каменів, брилів ґрунту і інших включень. Використання легких суглинків і супісків повинно бути обґрунтовано у проекті. Застосування дроблених і природних ґрунтів з крупнозернистими частинками необкатаної форми не допускається.

5.189 Для незв'язних і мало зв'язних ґрунтів, які використовують у підстиляючому і захисному шарах, повинні регламентуватися наступні характеристики, встановлені по результатах випробувань:

- зерновий склад;
- щільність;

- коефіцієнт тертя підстиляючого і захисного шару по плівці;
- вміст водорозчинних солей;
- вміст органічних домішок;
- для глинистих ґрунтів додатково вологість;
- границі пластичності (текучості і розкочування) і максимальна молекулярна вологоємність;
- показники фільтраційної міцності;
- коефіцієнт фільтрації ґрунту, ущільненого до значення проектної щільності.

5.190 У якості захисних прокладок при відповідному проектному обґрунтуванні рекомендується застосовувати руберойд по ГОСТ 10923-89 марок РПП і РКМ, тканини із скляних волокон по ГОСТ 199907-74. При влаштуванні з'єднання плівкового елемента із спорудами рекомендується застосовувати гумові і гумово-тканинні пластини по ГОСТ 6467-79, нафтові ізоляційні бітуми по ГОСТ 9812-74, бітумно-гумову ізоляційну мастику по ГОСТ 15836-79.

5.191 При проектуванні каналів з ґрунтоплівковими протифільтраційними покриттями повинні бути вирішені наступні питання:

- визначення товщини плівкового елемента;
- визначення стійкого профілю укосів каналів;
- визначення товщини захисного шару;
- розрахунок стійкості захисного шару по плівковому елементу;
- призначення конструктивних рішень по з'єднанню ґрунтоплівкових покриттів з бетонними спорудами;
- визначення вимог до методів виконання робіт по створенню ґрунтоплівкових покриттів;
- вибір і розрахунок конструкції захисного покриття у зоні перемінного рівня води і хвильової дії.

5.192 Товщину плівкового елемента, виходячи із умов забезпечення суцільності (неушкодженості) крупними частинками ґрунту захисного і підстиляючого шарів слід визначати по формулі:

$$\underline{\delta} = 0,1 d_{\text{зеп}} q / K_n \quad (5.33)$$

де $\underline{\delta}$ - товщина плівки, мм;

$d_{\text{зеп}}$ - мінімальний діаметр найкрупнішої фракції ґрунту, розсіяного із використанням стандартних сит, мм;

q - найбільше навантаження на екран у будівельний або експлуатаційний періоди, мПа;

K_n – коефіцієнт ефективності додаткових захисних прокладок, застосованих по СН 551-82 (при відсутності прокладок $K_n=1$).

5.193 Товщину плівкового елемента по допустимим навантаженням при розтягуванні від дії гідростатичного тиску слід визначати по формулі:

$$\Delta = 0,135 d_{\text{зер}} q_r \sqrt{E/\sigma_{\text{доп}}} , \quad (5.34)$$

де q_r - гідростатичний тиск, мПа;

E - модуль пружності матеріалу плівки, який приймається 120 мПа;

$\sigma_{\text{доп}}$ допустиме напруження при розтягуванні матеріалів плівки, приймається рівним 1 мПа - для тимчасових і 0,6 мПа – для постійних споруд.

5.194 Для каналів глибиною до 5 м у ґрунтах підстиляючого захисного шару, які відповідають вимогам п.5.188 даних норм, але не утримують частинок розміром більше 2 мм, товщину поліетиленової плівки слід приймати при укладці двох шарів плівки – не менше 0,4 мм.

5.195 Загальну стійкість ґрунтового масиву укосу каналу слід визначати по теорії граничної рівноваги на основі діючих нормативних документів. Коефіцієнти укосів каналів слід приймати в ув'язці з оцінкою стійкості захисного шару ґрунтоплівкового екрану від зсуву по плівковому елементу. Орієнтовно коефіцієнт укосів каналів з ґрунтоплівковим екраном рекомендується приймати відповідно даним табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Коефіцієнти укосів каналів з ґрунтоплівковим екраном

Ґрунт захисного шару	Коефіцієнт закладання укосу при його висоті, м				
	3-5	5-7 низ	5-7 верх	7-10 низ	7-10 верх
Суглинок	3,0	4,0	3,0	5,0	3,0
Супісок, пісок	3,5	4,5	3,5	5,5	3,5
Лес	4,0	5,0	4,0	6,0	4,0

5.196 Товщина захисного шару в залежності від типу ґрунту, методів виконання робіт, режиму експлуатації каналу, кліматичних умов і інших факторів приймають по проектним обґрунтуванням від 0,5 до 1,2 м.

5.197 Стійкість укосів, які мають плівковий протифільтраційний елемент і ґрунтовий захисний шар (рис.5.), повинна додатково перевірятися для випадку зсуву ґрунту захисного шару по плівці. Стійкість захисного шару ґрунтоплівкового екрану буде забезпечуватися у відповідності із СНиП 2.02.02-85 “Основания гидротехнических сооружений” при виконанні наступної умови:

$$\sigma_{ec} F \leq \sigma_c / \sigma_{pi} R \quad (5.35)$$

Значення узагальненої зсувної сили визначається у даному випадку по залежності:

$$F = G \sin \alpha + W_d \cos \alpha \quad (5.36)$$

де α – кут нахилу плівкового екрану, град.;

$G = \sigma_0 H / \sin \alpha$ – вага призми зсуву захисного шару, н;

σ – щільність, кН/м³;

σ_0 – товщина захисного шару, м;

H – висота укосу, м;

α – кут нахилу укосу, град.

Гідродинамічний тиск W_d , який виникає при швидкому зниженні води в умовах неусталеного режиму фільтрації;

Сила граничного опору визначається по формулі:

$$R = E \cos(\delta + \alpha) + (G \cos \alpha - W_d \sin \alpha) \cdot \mu \quad (5.37)$$

де $E = \frac{1}{2} \sigma_{s,gr} \sigma_0^2 \tan^2(45 + \varphi/2)$ – пасивний опір ґрунтової призми, Па;

$\delta = 1/3(2\alpha - 1)$ – кут нахилу вектору пасивного опору призми до горизонту, град.;

μ – коефіцієнт тертя ґрунту по плівці.

При відсутності безпеки виникнення у захисному шарі неусталеного руху фільтраційного потоку його стійкість на зсув можна наближено встановити у відповідності із СН 551-82 по залежності:

$$\mu / \tan \alpha \geq K_{з \text{ доп}} \quad (5.38)$$

де $K_{з \text{ доп}}$ – допустимий коефіцієнт запасу стійкості ґрунту захисного шару.

Значення коефіцієнтів тертя матеріалу захисного шару по плівці необхідно приймати відповідно СН 551-82, а для відповідальних об'єктів – по результатах крупномасштабного моделювання.

5.198 Вибір конструктивних рішень ґрунтоплівкових покриттів з бетонними спорудами і встановлення вимог до методів виконання робіт при будівництві ґрунтоплівкових покриттів потрібно виконувати з врахуванням рекомендацій СН 551-82.

5.199 Для захисту ґрунтоплівкових екранів у зоні перемінних рівнів води і хвильових навантажень належить влаштовувати бетонне кріплення і кріплення із каменю і щебеню, які повинні розраховуватися на хвильове навантаження в відповідності з СНиП 2.06.04-82.

Збірне кріплення залізобетонними плитами на укосах каналів з суглинисто-бентонітовими екранами

5.200 Альтернативним рішенням застосуванню дефіцитних і достатньо надійних плівкових екранів у збірному облицюванні можуть бути глинисті екрани, які влаштовуються із місцевих суглинків з добавкою бентонітових глин (до 10% по масі).

Добавка бентоніту знижує фільтрацію глинистих екранів в пастоподібному стані в 10-100 раз у порівнянні з ущільненими екранами. Але пастоподібна структура має низьку міцність ($e\tau = 1-5^0$, $C \approx 0$), схильність до повзучості і не стійка на укосах.

Рекомендована нова конструкція збірного облицювання укосів дозволяє застосувати протифільтраційні суглинисто-бентонітові екрани і забезпечити їх стійкість у всьому діапазоні закладання укосів, рекомендованих СНиП 2.06.03-85.

Добавки бентоніту дозволяють направлено регулювати структуру глинистого екрану, надаючи йому властивості пластичності, тиксотропності, солестійкості і достатньої протифільтраційної ефективності, зворотної після дії на екран знакоперемінних температур.

5.201 Облицювання цього типу складається із залізобетонних напружених плит НПК 60-20; 60-15; 60-10; 50-20; 40-20 товщиною 0,06 м і із інших плит нестандартних розмірів, укладених на дошки-підкладки товщиною 0,03-0,06 м, стики заповнюються дрібнозернистим бетоном В15, W6 (ГОСТ 26633-85). У підплитні порожнини подається суглинисто-бентонітовий розчин текучої консистенції щільністю 13,5-16 кН/м³, у результаті консолідації (усадки) якого і тиксотропного зміцнення утворюється протифільтраційний екран. У склад розчину входить місцевий суглинок, бентонітова глина у кількості до 10% у залежності від якості бентопорошку, вмісту глинистих частинок у складі суглинку і показників його пластичності.

5.202 Допустима глибина води над плитами типу НПК – до 3,0 м, максимальна допустима висота хвилі 0,5 м. Допустимий діючий на суглинисто-бентонітовий екран градієнт напору знаходиться у межах 8-30 у залежності від вертикальної пористості ґрунту основи укосу. Застосування плит допускається при відсутності льодових навантажень і сейсмічності району будівництва до 6 балів включно.

Відмінними позитивними особливостями конструкції облицювання даного типу являються:

- можливість використання кольматційного ефекту протифільтраційної суглинисто-бентонітової композиції текучої консистенції по відношенню до ґрунтової основи і дефектам бетону плит і стиків;

- забезпечення гарантованої стійкості композиції на ґрунтових укосах з коефіцієнтом закладання 1-1,5 і більше;
- замковий стик;
- анкерне кріплення плит НПК.

5.203 Основними елементами конструкції облицювання являються:

- 1) плити типу НПК, встановлені над ґрунтовою основою після укладання бетону дна каналу і нижньої частини облицювання укосу із зазором висотою 0,03-0,06 м, забезпечені опорними дошками-прокладками, наперед укладеними на основу поперек осі стиків;
- 2) стики, армовані сталевими сітками і омонолічені дрібнозернистим бетоном сумісно з крайовими частинами підплитних порожнин і свердловинами під анкери;
- 3) підплитний протифільтраційний екран, встановлений після заповнення стиків шляхом заливки у порожнину суглинисто-бентонітового розчину текучої консистенції;
- 4) заплечики, бетоновані разом з порожниною, утвореній в результаті консолідації (усадки) суглинисто-бентонітового екрану;
- 5) температурно-деформаційні стики (шви) з гідроізоляцією скошених країв плит, підстелених плівкою зафіксованої на основі дошками-прокладками і шпильками, загальна товщина шарів гідроізоляції повинна бути пропорційна величині горизонтальних температурних деформацій облицювання.

5.204 Дошки-прокладки товщиною 0,03-0,6 м і довжиною 0,3 м встановлюються на відстані не більше 1,2 м від кінців плит на щільну ретельно вирівняну основу. З метою утворення стикової порожнини витримують відстань між плитами 0,08 м.

5.205 Сітки для армування стиків і анкерів виготовлюються із гарячекатаного гладкого дроту класу В-II і арматурної сталі класу А-1 діаметром 5,0 мм.

Монтажні петлі сусідніх плит після установки арматурних сіток у порожнинах жорстких стиків з'єднуються за допомогою дротяних скруток. У температурно-деформаційних стиках виступаючі частини монтажних петель видаляються перед нанесенням шару гідроізоляції.

5.206 Порожнини, підстелені плівкою, між нижніми торцями плит НПК і краями секцій монолітного бетону укосу або дна каналу армуються сітками і заповнюються дрібнозернистою бетонною сумішшю.

5.207 У важкі суглинки слід вносити до 3% бентонітових глин, середні – до 6% і легкі – до 10%.

До бентонітових відносяться глини, у складі глинистих фракцій яких провідним мінералом являється монтморилоніт

5.208 На попередніх стадіях проектування добавка бентонітової глини (в %) у вигляді глинистого розчину (суспензії), який заповнює поровий об'єм суглинку, може бути визначена по формулі:

$$q = \frac{\rho_{\text{б}}(\rho_p - \rho_{\text{в}})n}{(\rho_{\text{б}} - \rho_{\text{в}})\rho_d} 100\%, \quad (5.39)$$

де $\rho_{\text{б}}$ – питома вага бентонітової глини;

ρ_p – щільність розчину бентонітової глини;

$\rho_{\text{в}}$ – питома вага води;

ρ_d – щільність сухого ґрунту (суглинку);

n – пористість суглинку.

5.209 Ґрунтовий екран з добавкою бентонітової глини після порушення його структури у результаті висихання або проморожування здібний відтворювати протифільтраційні властивості внаслідок повторного обводнення і набухання.

5.210 Визначення необхідної кількості бентонітової глини для приготування глинистого розчину (суспензії) заданої щільності виконується за формулою:

$$Q = \frac{\rho_p - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{б}} - \rho_{\text{в}}} \rho_{\text{б}}, \quad (5.40)$$

де Q – маса глини, що йде на приготування 1 м³ розчину;

ρ_p – щільність бентонітового розчину, яку треба визначити;

$\rho_{\text{в}}$ – щільність води;

$\rho_{\text{б}}$ – питома вага сухого ґрунту бентопорошку.

5.211 Кількість бентонітового розчину (м³), яку можна приготувати із 1 т глини (10кН), називається виходом розчину і визначається по формулі:

$$P = \frac{(\rho_{\text{б}} - \rho_{\text{в}})(1 - W)}{\rho_{\text{б}}(\rho_p - \rho_{\text{в}})}, \quad (5.41)$$

де P – вихід бентонітового розчину, м³/ 10кН (для Черкаського бентоніту 11,8 м³ при $\rho_p = 1,06$ кН/м³);

W – вологість бентоніту (вологість бентопорошку, звичайно 0,05 (5%).

Кількість введеної у суглинок бентонітової глини розраховується по формулі:

$$Q_{\text{б}} = \frac{V}{(\rho_p / \rho_{\text{б}} - 1) / (1 - \rho_{\text{в}}) + K / \rho_{\text{в}} + 1 / \rho_{\text{б}}}, \quad (5.42)$$

де $Q_{\text{б}}$ – маса бентопорошку;

V – об'єм замісу у змішувачі розчину;

K – вміст суглинку, % до вмісту бентоніту;

\square_c – питома вага збагаченого суглинку.

5.212 Конструкція облицювання нового типу, яка включає збірні плити НПК, замкові стики і підплитний суглинисто-бентонітовий екран, дозволяє організовувати будівництво каналів поточним методом.

5.213 Плити НПК укладаються на опорні дошки-прокладки, дотримуючись відстаней між суміжними плитами і краєм бетону дна, укосу або зуба – 0,08 м. Зазор біля дна забезпечується за рахунок бетонних прокладок, виготовлених раніше.

5.214 Після усадки (консолідації) розчину через 7 діб встановлюються заплечики облицювання із одночасним заповненням усадочної порожнини дрібнозернистою пластичною бетонною сумішшю, яку використовують для омонолічування стиків.

5.215 Конструкція збірного облицювання залізобетонними плитами на укосах каналів з суглинисто-бентонітовими екранами потребує подальшого дослідження в процесі експлуатації каналів.

6 ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛИЦЮВАНЬ У СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

6.1 До складних інженерно-геологічних умов відносяться основи, складені просадочними, набухаючими, випинаючими, засоленими, біогенними ґрунтами, а також карстовими.

6.2 На середньо і сильно просадочних ґрунтах належить передбачувати заходи, які забезпечують проявлення основної частини просадочних і післяпросадочних деформацій і допустимі граничні величини залишкових деформацій основ облицювання у відповідності з таблицею 6.1. На слабпросадочних ґрунтах I типу слід передбачувати трамбування ґрунту на глибину не менше 1,5 м і без попереднього замочування. Верхній шар ґрунту ущільнюється також після замочування просадочних ґрунтів.

Попереднє замочування ґрунту, влаштування дамб із ущільненого лесу слід виконувати у відповідності з вимогами ВСН 33.2.2.06-86.

Таблиця 6.1 - Граничні величини просадочних деформацій основ облицювання

№№ пп	Тип облицювання	Гранична величина просадочних деформацій, S_n , см	Гранична післяпросадочна деформація, см
1	Облицювання бетонні і залізобетонні (монолітні і збірні)	12,0	12,0
2	Бетоноплівкові облицювання	15,0	20,0
3	Екрани ґрунтоплівкові або із рулонних матеріалів	20,0	30,0

6.3 На просадочних ґрунтах у протифільтраційних цілях рекомендується використовувати облицювання із монолітного бетону, збірного залізобетону або іншого відносно жорсткого матеріалу при умові попереднього проявлення основної частини просадочних і після просадочних деформацій. Термін укладки облицювання визначається розрахунковим шляхом відповідно ВСН 33.2.2.06-86, але не раніше ніж на другий рік після замочування.

6.4 Плівкові екрани на просадочних ґрунтах застосовують у тих випадках, коли спостерігаються деформації основи, але не більше 40 см.

6.5 На основах, сформованих набухаючими ґрунтами, слід передбачати заходи по усуненню розвитку недопустимих деформацій облицювань, керуючись вимогами ВСН 33.2.2.07-86.

Допустимі граничні деформації набухання основ під облицюваннями із бетону і залізобетону (монолітного і збірного) – 10 мм, екранів ґрунтових, ґрунтопліткових і із рулонних матеріалів – 30 мм.

6.6 При проектуванні облицювань слід враховувати додаткові дії на них від набухання замочуваного ґрунту із врахуванням початкової вологості і щільності ґрунту основи, його осідання при сезонному спорожненні каналу, морозного випинання і тріщиноутворення у зимовий період.

6.7 Застосування набухаючих ґрунтів для влаштування дамб і екранів каналів вимагає спеціальних досліджень і обґрунтувань.

6.8 При проектуванні бетонних облицювань на випинаючих ґрунтах необхідно враховувати граничні допустимі величини випинання для монолітних бетонних облицювань – 20 мм; для монолітних залізобетонних – 30 мм.

6.9 На випинаючих ґрунтах регулювання водно-теплогового режиму ґрунтової основи потрібно вести у двох напрямках:

- влаштування морозозахисних і теплозахисних шарів із матеріалів з низькими коефіцієнтами теплопровідності;
- обмеження зволоження ґрунтової основи за допомогою полімерних плівок; збереження при будівництві оптимальної вологості і щільності ґрунтової основи, при яких величини набухання і випинання будуть незначними.

6.10 У складних ґрунтових умовах можна обирати одну із двох конструкцій облицювань: водонепроникні, які виключають недопустиме зволоження ґрунтової основи, або відносно водонепроникні облицювання, не стійкі до деформацій ґрунтової основи.

У першому випадку влаштовують високопротифільтраційні облицювання (монолітні бетонопліткові із швами підвищеної надійності), в у другому – порівняно гнучкі конструкції облицювань (збірні залізобетонні із швами підвищеної еластичності або комбінації із плітковими екранами).

6.11 На деформаційних набухаючих ґрунтах рекомендуються пліткові екрани з покриттям із збірних залізобетонних плит або монолітного бетону з врахуванням набухаючого зусилля, величини набухання і усадки.

6.12 На сильно набухаючих ґрунтах облицювання слід виконувати у вигляді гнучких конструкцій, які легко піддаються ремонту і відновленню: стабілізованих плівок, бітумних матеріалів із захисним шаром ґрунту, поверхневих асфальтобетонних покриттів, бітумного облицювання, армованого склотканиною тощо.

6.13 При високій мінералізації необхідно враховувати агресивність ґрунтових вод і передбачати застосування полімерних плівок і конструкцій облицювань.

6.14 На суфозійних нестійких ґрунтах необхідно влаштовувати багатошарове бетоноплівкове облицювання підвищеної водопроникності з товщиною плівки не менше 4 мм з відводом води, профільованої у дренажні труби, прокладені під облицюванням, з таким розрахунком, щоб профільована вода не попадала у ґрунтову основу з легко розчинними солями.

6.15 Якщо розрахункові деформації основ, які сформовані засоленими ґрунтами, більші граничних – необхідно передбачувати ефективні конструкції стиків підвищеної деформативності, часткове або повне вилучення подушки із пилувато-глинистих ґрунтів, попереднє розсолення ґрунтів, ущільнення.

6.16 Дренуючу підготовку під бетонні облицювання влаштовують в таких випадках:

- на косогірних ділянках, розташованих поблизу населених пунктів, крупних промислових і сільськогосподарських виробництв, а також відповідних споруд на слабких ґрунтах;
- на ділянках, складених суфозійно-нестійкими ґрунтами.

У цьому випадку дренажні пристрої повинні здійснюватися поверх водоупорної підготовки.

6.17 На випинаючих ґрунтах для зменшення глибини промерзання і деформацій випинання рекомендується укласти прошарки шлаку, стіропортбетону й інших матеріалів з низькими коефіцієнтами теплопровідності під захистом із монолітного бетону.

6.18 Безпосереднє спирання облицювань на поверхню сильнозаторфованих ґрунтів, торфу та мулу не допускається.

6.19 При розрахунках деформацій основи, що містить шари і прошарки заторфованих ґрунтів, торфу та мулу, які перевищують граничні, слід передбачувати повну або часткову заміну слабких ґрунтів мінеральними, їх ущільнювання або закріплення при належному обґрунтуванні запроваджених інженерних заходів, улаштування екранів із рулонних матеріалів.

6.20 На карстових ґрунтах для оцінки напружено деформаційного стану облицювання каналу важливу роль відіграє правильне визначення розрахункових навантажень, їх сполучення, а також встановлення місця їх прикладення.

7 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛИЦЮВАНЬ

Вибір типів облицювань залежно від ґрунтових умов

7.1 Протифільтраційні заходи при проектуванні каналів передбачаються з метою:

- зменшення втрат на фільтрацію і забезпечення нормативного коефіцієнту корисної дії каналу;
- запобігання підтопленню і засоленню прилеглих до каналу територій.

7.2 Протифільтраційні облицювання повинні забезпечувати непідняття рівнів ґрунтових воді на величину критичної глибини залежно від типу ґрунтів, що дозволить запобігти підтопленню і засоленню приканальних територій.

7.3. Доцільність використання протифільтраційних облицювань зрошувальних каналів повинна бути обґрунтована в проекті техніко-економічним розрахунком, який враховує витрати на протифільтраційні заходи, можливі негативні екологічні наслідки при застосуванні недостатньо ефективних протифільтраційних облицювань.

7.4 При виборі різних видів цих облицювань важливе значення має техніко-економічне обґрунтування найбільш ефективних і економічних конструкцій стосовно конкретної траси каналу з урахуванням ґрунтових, гідрогеологічних і кліматичних умов. Вирішальна роль у виборі конструкції облицювання відіграє екологічний фактор.

7.5 Конструкцію облицювання визначають витрати води у каналі, навантаження, які діють на облицювання, інженерно-геологічні умови, режим експлуатації на протязі року, способи виконання робіт, екологічні вимоги до охорони зрошуваної території, техніко-економічні показники, які визначені проектом.

7.6 Облицювання працюють спільно з ґрунтовою основою і при визначенні їх протифільтраційної ефективності необхідно роздивляти систему “облицювання – ґрунтова основа”. Взаємозв'язок облицювання і ґрунтової основи починається із будівельного періоду і продовжується на протязі всього терміну експлуатації.

7.7 При виборі протифільтраційних облицювань належить проводити оцінку їх ефективності по коефіцієнту протифільтраційної ефективності E_0 , який визначається за формулою (4.3).

Коефіцієнти протифільтраційної ефективності різних конструкцій облицювання за статистичними даними натурних широкомасштабних і довготривалих досліджень фільтраційних втрат методом ізольованих відсіків наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Протифільтраційна ефективність різних конструкцій облицювання

Тип облицювання	Коефіцієнт протифільтраційної ефективності E_0
Монолітний бетон товщиною 0,08 м, поліетиленова плівка товщиною 0,52 мм	0,94
Монолітне бетонне облицювання, укладене комплектом "Альконс" товщиною 0,12 м	0,93
Монолітний бетон 0,15 м, укладений комплектом РАХКО"	0,90
Монолітний залізобетон товщиною 0,12-0,15 м, поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм	0,90
Монолітний бетон товщиною 0,07 м, полівінілхлоридна плівка товщиною 0,27 мм	0,87
Грунтоплівкове облицювання	0,85
Монолітне бетонне облицювання, укладене комплектом "Альконс" товщиною 0,07 м	0,84
Залізобетонні плити НПК товщиною 0,06 м, шви цементно-піщані, шириною 8 м поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм, особливо ретельне виконання робіт	0,80
Поліолефінова плівка 0,52 мм, піщане привантаження 0,38 м	0,70
Полівінілхлоридна плівка 0,27 мм під піщано-гравійним привантаженням 0,38 м	0,60
НПК, шви цементно-піщані, поліетиленова плівка 3 м товщиною 0,4 мм, виконання робіт звичайне, введення цементного розчину в підплитний простір	0,54
Поліетиленова плівка 0,52 мм під піщано-гравійним привантаженням 0,38 м	0,50
Залізобетонні плити з випусками арматури НПКВ 66-44 товщиною 0,08 м	0,40
Монолітний бетон товщиною 0,05 м, укладений комплектом "Жетко"	0,38
Збірне кріплення плитами НПК, поліетиленова плівка товщиною 0,2 мм, шириною 3 м, виконання робіт звичайне, шви цементно-піщані	0,35

7.8 Найбільш ефективним в протифільтраційному відношенні являється облицювання із монолітного бетону з поліолефіеновою плівкою (коефіцієнт протифільтраційної ефективності $E_0=0,94$). Полімерні плівки являються хорошим протифільтраційним захистом. Їх ефективність залежить від конструкції захисту плівок.

7.9 У складних ґрунтових умовах необхідно застосовувати полімерні плівки в конструкціях облицювань, так як вони підвищують водонепроникність облицювань і створюють оптимальну вологість ґрунтової основи.

7.10 Полімерні плівки по ефективності роботи їх в конструкціях облицювань розташовуються наступному порядку: поліолефінова, полівінілхлоридна, поліетиленова.

7.11 Раціональні види конструкцій облицювань в залежності від типів ґрунтової основи представлено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 - Раціональні види облицювань залежно від типів ґрунтів основ

Типи ґрунтів	Можливі деформації ґрунтів	Раціональні види облицювань			
		НПК без плівки, монолітне дно	НПК по плі-вці,дно –монолітний бетон	Монолітний бетон без плівки	Монолітний бетон по плівці
Гравійно-галькові:					
Оптимальної щільності □ _d = 1,9-2,1 г/см ³	Залежить від виду заповнювача	-	+	+	+++
Недоущільнені □ _d □ 1,9 г/см ³	-	-	+ ^{xxx/}	+ ^{xx/}	+++ ^{x/}
Піски:					
Оптим. щільності □ _d = 1,6 г/см ³	Осадка в природних умовах при зволоженні	-	+ ^{xxx/}	+ ^{xx/}	++ ^{x/}
Недоущільнені □ _d □ 1,6 г/см ³	-	-	+ ^{xxx/}	+ ^{xx/}	+++ ^{x/}
Супіски:					
Оптим. щільності □ _d = 1,7-1,75 г/см ³	Від середньої до більшої при набуханні, схильність до морозного випинання	-	+ ^{xx/}	+ ^{x/}	++ ^{x/}
Недоущільнені □ _d □ 1,7 г/см ³	Осадка в природних умовах і при зволоженні, середнє набухання	-	+ ^{xxx/}	+ ^{xx/}	+++ ^{x/}
Суглинки легкі:					
Оптим. щільності □ _d = 1,6-1,65 г/см ³	Усадка і набухання при зволоженні, деформації середні, схильність до морозного випинання	-	+ ^{xx/}	+ ^{x/}	+++ ^{x/}
Недоущільнені □ _d < 1,6 г/см ³	Осадка в природних умовах і при зволоженні, схильність до випинання	-	+ ^{xxx/}	+ ^{xx/}	+++ ^{x/}
Переущільнені □ _d ☹ 1,65 г/см ³	Набухання і усадка при зволоженні	-	+ ^{xx/}	++ ^{x/}	+++
Суглинки важкі:					
Оптим. щільності □ _d = 1,6-1,65 г/см ³	Велике набухання і усадка при зволоженні, випинання невелике	-	++	++	++
Недоущільнені □ _d □ 1,55 г/см ³	Осадка в природних умовах, при зволоженні, випинання невелике	-	+ ^{xx/}	++ ^{x/}	+++
Переущільнені □ _d ☹ 1,6 г/см ³	Велике набухання і усадка при зволоженні, морозне випинання невелике	+ ^{x/}	+	+	+
Глини:					
Оптим. щільності □ _d =1,45-1,55 г/см ³	Дуже велике набухання, усадки, розтріскування при висиханні	+	++	+	++
Недоущільнені □ _d □ 1,45 г/см ³	Середні деформації набухання, усадки	-	+	+	+++

Примітка: 1) облицювання: +++ - найкращий вид; ++ - допустимий вид; + - можливий вид із вказаними обмеженнями; 2) xxx, xx, x – порівняльна оцінка втрат води (з 1 м² поверхні каналу): відповідно невеликі (до 10 л/доб); середні (10-50 л/доб); великі (> 50 л/доб).

7.12 Найкращими сучасними конструкціями облицювань, що мають незначні фільтраційні втрати, являються монолітні бетоноплівкові, які можна застосовувати в складних ґрунтових умовах і монолітні бетонні, що улаштовуються бетоноукладальниками.

7.13 Збірані конструкції облицювань із залізобетонних плит НПК відрізняються великими фільтраційними втратами, які залежать від властивостей ґрунтової основи. Ці конструкції можна застосовувати на ґрунтовій основі з низькими коефіцієнтами фільтрації при оптимальній щільності ґрунтової основи.

7.14 При наявності в районі будівництва зв'язних ґрунтів (середні і важкі суглинки, глини) суттєвим протифільтраційним заходом можуть бути товсті ґрунтові екрани.

7.15 Такі облицювання, як ґрунтоплівкові, із полімерних смол, поліуретанові не можуть бути рекомендовані для умов періодичної роботи каналів, так як вони втрачають стійкість при зміні рівня води в каналі.

7.16 На випинаючих ґрунтах рекомендуються суцільні плівкові екрани в один чи два шари з захисним матеріалом (пергаміном і т. ін.), жорстких збірних залізобетонних плит чи монолітного залізобетону, які витримують значні деформації ґрунтової основи або облицювань з включенням елементів: стабілізованої плівки, рулонних бітумних чи бутилкаучукових матеріалів та ін.

Екологічно надійні облицювання

7.17 Остаточна ефективність облицювання, вибір його типу, оцінку вимог до його якості належить проводити за умов екологічної надійності (запобігання підтоплення земель).

На стадії проектування для обґрунтування вибору раціональних конструкцій в залежності від типу ґрунтової основи, гідрогеологічних умов, динаміки відтоку підземних вод необхідно визначити фільтраційні втрати при підпійній фільтрації і підйомі ґрунтових вод на протязі прогнозованого терміну експлуатації каналу.

7.18 Екологічно надійна зрошувальна система повинна мати канали з протифільтраційною надійністю, яка характеризується відповідними $Q_{обл}$ і $K_{обл}$, що не допускає підтоплення і засолення прилеглої території:

$$\begin{aligned} Q_{обл} &\bullet Q_{доп}; \\ K_{обл} &\bullet K_{доп}, \end{aligned} \quad (7.1)$$

де $Q_{\text{доп}}$ і $K_{\text{доп}}$ – гранично допустимі фільтраційні втрати і коефіцієнти фільтрації, при яких не відбувається підтоплення земель.

7.19 Фільтраційні втрати і коефіцієнти фільтрації різних конструкцій облицювання за даним широкомасштабних багаторічних натурних досліджень методом ізольованих відсіків представлено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Фільтраційні властивості облицювань різних конструкцій

Тип облицювання	Фільтраційні втрати q , м ³ /добу з 1м ²	Коефіцієнт фільтрації облицювання, $K_{\text{обл}}$, м/с
1	2	3
Монолітний залізобетон 0,12-0,15 м, підготовка із суглинку 0,20 м, $\square_d = 1,67$ г/см ³	0.0009	$2,35 \cdot 10^{-8}$
Монолітний залізобетон 0,12-0,15 м, поліетиленова плівка 0,2 мм, підготовка із суглинку 0,20 м, $\square_d = 1,67$ г/см ³	0.002	$5,23 \cdot 10^{-9}$
Плити НПК, поліетиленова плівка широка (8 м), підготовка із суглинку 0,20 м, $\square_d = 1,67$ г/см ³ . Особливо ретельне виконання робіт	0.004	$8,24 \cdot 10^{-9}$
Плити НПК, поліетиленова плівка шириною 3 м, підготовка із суглинку 0,20 м, $\square_d = 1,67$ г/см ³ . Виконання робіт звичайне	0.020	$4,36 \cdot 10^{-8}$
Монолітний залізобетон 0,12-0,15 м, поліетиленова плівка 0,2 мм, підготовка із суглинку 0,20 м, поліетиленова плівка 0,2 мм, $\square_d = 1,67$ г/см ³	0.0028	$5,06 \cdot 10^{-7}$
Плити НПК, поліетиленова плівка шириною 3 м, підготовка із суглинку 0,20 м, $\square_d = 1,67$ г/см ³ . Виконання робіт звичайне, введення цементного розчину в підплитний простір	0.010	$1,8 \cdot 10^{-8}$
Полівінілхлоридна плівка 0,27 мм під монолітним бетоном 0,08 м	0.0017	$0,9 \cdot 10^{-9}$
Поліетиленова плівка 0,25 мм під монолітним бетоном 0,08 м	0.0024	$1,62 \cdot 10^{-9}$
Поліолефінова плівка 0,52 мм під монолітним бетоном 0,08 м	0.0015	$0,88 \cdot 10^{-9}$
Монолітний бетон 0,15 м, укладений комплектом "РАХКО"	0.004	$1,86 \cdot 10^{-9}$
Збірно-монолітне (по дну з виходом на 0,7 м укусу каналу – монолітний залізобетон 0,14 м; на укосах – плити НПК) по всьому периметру каналу плівка поліолефінова 0,52 мм	0.003	$2,08 \cdot 10^{-9}$
Збірно-монолітне (конструкція аналогічна), плівка полівінілхлоридна 0,27 мм	0.008	$6,48 \cdot 10^{-9}$
Збірно-монолітне (конструкція аналогічна), плівка поліетиленова 0,25 мм	0.015	$1,38 \cdot 10^{-8}$

7.20 Розрахунок облицювання проводять як по нормативному коефіцієнту корисної дії, так і із умов виключення підтоплення зрошуваних земель, що повинно виконуватись відповідно з рівнянням (7.1).

7.21 Нормативний коефіцієнт корисної дії каналу \approx_1 повинен бути не менше:

- для магістральних каналів і його розгалужень – 0,90;
- для господарських і внутрішньогосподарських розподільувачів – 0,93.

7.22 Коефіцієнт корисної дії каналів є необхідною але недостатньою умовою екологічної надійності каналів. Потрібно проводити розрахунки по визначенню кривої депресії ґрунтових вод в зоні дії каналу.

7.23 Гранично допустимі підняття рівнів ґрунтових вод поблизу каналів не повинні перевищувати: для незв'язних ґрунтів – 1,0 м; для суглинкових – 3,0 м; для глинистих – 5,0 м.

7.24 Глибина ґрунтових вод поблизу каналу визначається за рекомендаціями О.Я.Олійника з врахуванням додаткового фільтраційного опору $\Phi_{\text{обл.}}$ різних конструкцій облицювань. Величини $\Phi_{\text{обл.}}$ приведено в таблиці 4.2.

7.25 Крива депресії між каналом і дренаєм на ділянці L будується за рівнянням

$$h = h'' + \frac{h' - h''}{L} x - \frac{\varepsilon x}{2T} (L - x), \quad (7.2)$$

$$\text{де } h' = h_k - \frac{q_k}{T} (\Phi_k - \Phi_d);$$

$$h'' = h_d + \frac{q_k}{T} \Phi_d$$

Фільтраційні опори на гідродинамічну довершеність каналу і дрени в двохшаровому ґрунті визначаємо за формулами

$$\Phi'_i = \alpha \frac{k_2}{k_1} m' f'_i(m') + \frac{k_1 - k_2}{k_1} m f'_i(m_1); \quad (7.3)$$

$$\Phi''_i = \beta \frac{k_2}{k_1} m' f''_i(m') + \frac{k_1 - k_2}{k_1} m f''_i(m_1), \quad (i=k, d), \quad (7.4)$$

$$\text{де } f'_i = \frac{s}{2mi} - 1,466 \lg ch \frac{\pi s}{4mi};$$

$$f''_i = 0,93 \lg ctg \frac{\pi s}{4mi}.$$

Економічна ефективність облицювань.

7.26 Економічна ефективність протифільтраційного облицювання ведеться з врахуванням приведених затрат, чистого доходу від реалізації сільськогосподарської продукції на одиницю додатково використаної води, зекономленої від зменшення фільтраційних втрат, і внаслідок можливих втрат від підтоплення і засолення приканальних угідь:

$$E = (Z_1 - Z_2) L_k + ЧД_1 + ЧД_2 \quad (7.5)$$

де $Z_1 = C_1 + E_n K_1$ – приведені затрати по варіанту каналу в земляному руслі без облицювання, грн. на 1 м довжини каналу;

$Z_2 = C_2 + E_n K_2$ – приведені затрати по варіанту облицюваного каналу і при необхідності – з приканальним дренажем, грн. на 1 м довжини каналу;

C_1 і K_2 – собівартість і питомі капітальні вкладення по варіанту каналу в земляному руслі, грн. на 1 м довжини каналу;

C_2 і K_2 – собівартість і питомі капітальні вкладення по варіанту облицюваного каналу і при необхідності – з дренажем, грн. на 1 м довжини каналу;

$E_2 = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності;

L_k – довжина каналу, м;

$ЧД_1$ і $ЧД_2$ – чистий дохід від реалізації сільськогосподарської продукції на одиницю додатково використаної води, зекономленої від зменшення фільтраційних втрат, і внаслідок можливих втрат від підтоплення чи засолення приканальних угідь.

7.27 Додаткова площа, яка зрошується зекономленою водою (га) за рахунок зниження фільтраційних втрат

$$F_{op} = W_{\approx} / M$$

(7.6)

$$W = S L_k T_{op} \quad (7.7)$$

де W – збережений об'єм води за зрошувальний сезон, м³;

S – фільтраційні втрати з 1 км необлицюваного каналу, м³/с;

L_k – довжина каналу, км;

T_{op} – тривалість зрошувального сезону (6-7 місяців);

M – середня зрошувальна норма сільськогосподарських культур, м³/га.

Чистий дохід від зрошення додаткової площі визначається за формулою

$$ЧД_1 = (ЧД_{с.ор} - ЧД_{б.р}) F_{op} \quad (7.8)$$

де $ЧД_{с.ор}$ – чистий дохід від реалізації сільськогосподарської продукції на 1 га з зрошенням;

$\text{ЧД}_{\text{б.ор}}$ – чистий дохід від реалізації сільськогосподарської продукції на 1 га без зрошення.

7.28 Чистий дохід, який зумовлений запобіганню втрат від підтоплення або засолення приканальних земель

$$\text{ЧД}_2 = (\text{ЧД}_{\text{б.під}} - \text{ЧД}_{\text{з.під}}) F_{\text{під}} \quad (7.9)$$

де $\text{ЧД}_{\text{б.під}}$ – чистий дохід від реалізації сільськогосподарської продукції на 1 га без підтоплення чи засолення території;

$\text{ЧД}_{\text{з.під}}$ - чистий дохід від реалізації сільськогосподарської продукції на 1 га підтопленої чи засоленої території;

$F_{\text{під}}$ – площа підтоплення чи засолення.

Економічний ефект від застосування протифільтраційних облицювань складається із трьох факторів:

- економія зрошувальної води;
- запобігання погіршенню меліоративного стану зрошувальних земель;
- підвищення коефіцієнта земельного використання (КЗВ) системи за рахунок зменшення поперечного перерізу і спрямлення русла каналу.

Перелік умовних позначень

b - ширина каналу по дну;	\approx - коефіцієнт корисної дії каналу;
δ - параметр ґрунту по Гарднеру;	$\boxtimes(t)$ - координата фронту зволоження;
D - коефіцієнт дифузії;	$Q_{\text{гр}}$ - фільтраційні втрати із необлицьованого каналу;
D_0 - коефіцієнт дифузії при початковій вологості ;	$Q_{\text{обл}}$ - фільтраційні втрати із облицьованого каналу;
$\underline{\delta}$ - товщина облицювання;	Q - питомі фільтраційні втрати;
E - модуль деформації;	\square_d - щільність сухого ґрунту;
E_0 - коефіцієнт протифільтраційної ефективності облицювання;	t - час (доб – доба, год. – година, с – секунда);
h - глибина води в каналі;	T - температура;
$K_{\text{ф}}$ - коефіцієнт фільтрації ґрунту;	$W_{\text{ф}}$ - об'єм профільтрованої води;
$K_{\text{обл}}$ - коефіцієнт фільтрації облицювання;	W - вологість ґрунту;
$K(W)$ - коефіцієнт капілярної водопровідності;	W^* - зв'язана вологість;
m - коефіцієнт укосів каналу;	

Приклад розрахунку монолітного бетонного облицювання каналу
під впливом статичних навантажень

Необхідно розрахувати конструкцію монолітного бетонного облицювання магістрального каналу з витратою $50 \text{ м}^3/\text{с}$, який проходить в виїмці.

Вихідні дані для проектування:

1. Геометричні дані каналу – загальна довжина 25 км, поперечний переріз трапецієподібної форми з шириною каналу по дну $b = 6,0 \text{ м}$ і коефіцієнтом укосу $m = 2,0$, максимальною глибиною води в каналі $h_0 = 5,0 \text{ м}$; споруда відноситься до III класу капітальності $K = 1,2$, сполучення навантажень основне.
2. Режим експлуатації каналу на протязі року – наповнений. Очікувана величина пониження рівня води в каналі $0,3 \text{ м}$ за добу.
3. Кліматичні характеристики району будівництва і геофізика відповідно СНиП 2.01.01-82 представлені наступними даними: мінімальна температура повітря мінус 34°C , максимальна 38°C , добовий перепад температур повітря від мінус 12°C до 25°C , глибина промерзання ґрунту $0,6 \text{ м}$. Можлива товщина льоду за даними натурних спостережень і об'єктів-аналогів може дорівнювати $0,6 \text{ м}$.
4. Геологія по всій довжині траси каналу до глибини $4,2\text{-}5,8 \text{ м}$ складається еолово-делювіальними четвертними відкладеннями, які залягають під ґрунтовим покривом товщиною $0,3\text{-}0,6 \text{ м}$.

Верхні шари четвертних відкладів із легких і середніх суглинків. Нижче розташовані важкі суглинки шаром $5\text{-}8 \text{ м}$. Підземні води по трасі каналу мають спорадичне розповсюдження і виявлені на глибині $23\text{-}25 \text{ м}$ в пліоценових пісках. Ґрунти ложа каналу характеризуються такими показниками: щільність $\gamma_{s0} = 1,7 \text{ кН/м}^3$, природна вологість $W = 17\text{-}20\%$, кут внутрішнього тертя $e\tau = 16\text{-}18^\circ$, питоме зчеплення $C = 0,1\text{-}0,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$, коефіцієнт фільтрації $0,1 \text{ м/добу}$. Модуль загальної деформації ґрунтів природної вологості $E = 100 \cdot 10^5 \text{ Па}$, при повному водонасиченні $80 \cdot 10^5 \text{ Па}$, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,635$.

5. Роботи по улаштуванню монолітного бетонного облицювання на каналі передбачається виконувати механізованим способом за допомогою комплексу машин "Рахко".

6. В якості матеріалу облицювання приймаємо бетон гідротехнічний класу В 25. Розрахункові параметри бетону класу В 25 відповідно рівні: густина $\gamma_{\text{б0}} = 24 \text{ кН/м}^3$, коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = 10^{-5} \text{ 1/град.}$, модуль пружності бетону $E = 190 \cdot 10^8$, коефіцієнт Пуасона $\mu = 0,15$, розрахунковий опір для граничного стану першої групи дорівнюють: на стискання $R_{\text{пр}} = 135 \cdot 10^5 \text{ Па}$, на розтягування $R_p = 10 \cdot 10^5 \text{ Па}$, для другої групи $R_{\text{пр}} = 170 \cdot 10^5 \text{ Па}$, на розтягування $R_p = 15 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Враховуючи ті обставини, що траса проектного каналу по всій довжині проходить у виїмці, ґрунти, які складають ложе каналу однотипові, рекомендації по режиму експлуатації однакові, розбивка траси каналу на окремі ділянки за схожими природними і експлуатаційними умовами не потрібні.

Прогнозуючи умови роботи конструкції облицювання в різні пори року і розглядаючи при цьому будівельний і експлуатаційний періоди, встановлюємо розрахункові навантаження і вплив на облицювання.

Відповідно встановленій технологічній схемі укладання бетонної суміші на укосах і дні каналу бетоноукладальним комплексом "Рахко" за розрахункове навантаження в будівельний період приймаємо навантаження від ваги бетоноукладача. Питоме навантаження від гусені бетоноукладача за паспортними даними складає $q = 1,0 \cdot 10^5 \text{ ПА}$. При ширині гусені 0,45 м навантаження від бетоноукладача на 1 п.м плити складає 4,5 тс. В експлуатаційний період за розрахункове навантаження приймаємо рівномірно розподілене навантаження від дії стовпа води у каналі на дно при повному наповненні $h = 5,0 \text{ м}$, $q_{\text{екс}} = \gamma_{\text{в}} h = 1 \text{ кН/м}^3 \cdot 5 \text{ м}$, де $\gamma_{\text{в}}$ - питома вага води.

Далі, враховуючи геометричні розміри поперечного перетину, задаємося основними параметрами облицювання: товщина монолітного бетонного облицювання 0,14 м по всьому периметру каналу, розміри карт бетонування приймаємо на дні каналу 3,0х3,0 м, на укосах 3,5х3,5 м. При цьому наявність поздовжніх температурно-деформаційних швів передбачаємо в місці з'єднання укосу і дна каналу.

Далі приступаємо до оцінки термонапруженого стану заданої конструкції облицювання.

При товщині облицювання 0,14 м температурний перепад буде дорівнювати 6°C .

Температурні напруження у бетоні, викликані нерівномірним нагрівом, визначимо із виразу (5.8):


$$\sigma_{BH} = \pm \frac{1}{2} \frac{10^{-5} \cdot 0.7 \cdot 290000 \cdot 6 \cdot 10^5}{2 - 0.15} = 7.2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Температурні напруження, викликані власною вагою при коливаннях, визначаємо з виразу (5.9):

$$\sigma_T = \frac{0.288 \cdot 0.0024 \cdot 350^2}{14} = 5.25 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Оцінку тріщиностійкості облицювання визначаємо по формулі

$$1,0 \leq 10 = 10 \leq 10^5 \text{ Па} \quad 7,2 \leq 10^5 \text{ Па}$$

Порівнюючи допустимі температурні напруження з фактичними, бачимо, що σ_T  $\sigma_{доп}$, отже умова тріщиностійкості виконується.

Визначаємо гранично допустимі відстані між швами стискування в облицюванні при зниженні температури.

У відповідності з формулою (5.11) знаходимо:

$$L = \frac{0.85 \cdot 10 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 14}{1,4(2,4 \cdot 10^4 \text{ Н / м}^3 \cdot 0,14 \cdot 0,3 + 0,2)10^5} = 404 \text{ см}$$

Відстані між швами розширення визначаємо по залежності (5.14) при умові, що бетонна суміш укладається у конструкцію при температурі повітря 5°C. Максимальна температура покриття з врахуванням сонячної радіації в період будівництва може скласти 48°C. Величину усадки бетону враховуємо умовно зниженням температури облицювання на 10°C. Тоді розрахунковий період температури покриття, який визначаємо по формулі (5.14), складає

$$T_p = +48^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C} = +38^\circ\text{C}.$$

Відстань між швами розширення при ширині дошки-прокладки $b=0,03$ м буде дорівнювати:

$$L_p = (0,25 \leq 0,03) / (10^{-5} \leq 38) = 25,0 \text{ м.}$$

При конструктивному суміщенні швів стискування по швам розширення і прийнявши відстань між швами розширення кратними розмірам плит бетонування (у даному випадку кратними 3,5 м), остаточно встановлюємо $L_p = 24,5$ м.

Таким чином, прийнята конструкція монолітного бетонного облицювання із бетону гідротехнічного М 300 товщиною 0,14 м з розмірами карт бетонування на укосі рівними 3,5х3,5 м, по дну 3,0х3,0 м з поперечними швами розширення через 24,5 м повністю задовольняє умовам тріщиностійкості при заданих температурах будівельного і експлуатаційного періодів.

Встановивши основні параметри облицювання на сприйняття температурних навантажень, приступаємо до розрахунку конструкції на сприйняття статичних навантажень.

З цією метою складаємо розрахункові схеми завантаження конструкції облицювання. В рамках плоскої задачі розрахункові схеми завантаження окремо лежачих плит облицювання від прийнятих навантажень представлені на рис.Б.1.

Раніше ніж перейти до визначення розрахункових характеристик смуги, по розрахунковим схемам встановлюємо розрахунковий модуль деформації ґрунту основи. Для ґрунтів у водонасиченому стані задаємося вихідним значенням модуля деформації рівним 80 кгс/см^2 . Збільшивши вихідне значення модуля в 3 рази, отримаємо його розрахункове значення, рівне $240 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Початковий розрахунок виконаємо для плити дна каналу. При розмірах $a=b=3,0 \text{ м}$ половина довжини смуги в поздовжньому і поперечному напрямках становить $L_n=a/2=1,5 \text{ м}$.

Показник гнучкості смуги визначаємо:

$$t = 10 (2400/29000000)(1,5^3/0,14^3) = 10,2.$$

При показнику гнучкості смуга відноситься до категорії довгих смуг $10 \leq t \leq 50$.

Подальші розрахунки плити при дії на неї рівномірно розподіленого навантаження зводиться до табличних розрахунків (розрахункові епюри реактивного тиску, поперечних сил і згинальних моментів). По показнику гнучкості t (по таблиці 8 монографії М.І.Горбунова-Посадова "Расчет конструкций на упругом основании") встановлюємо ординати безрозмірних величин P , Q , M . Справжні значення P , Q , M , які приходяться на смугу шириною b , визначаємо по формулах, наведених у згаданій вище монографії.

Результати розрахунків реактивного тиску, поперечних сил і згинальних моментів представимо в табличній формі (табл.Б.1).

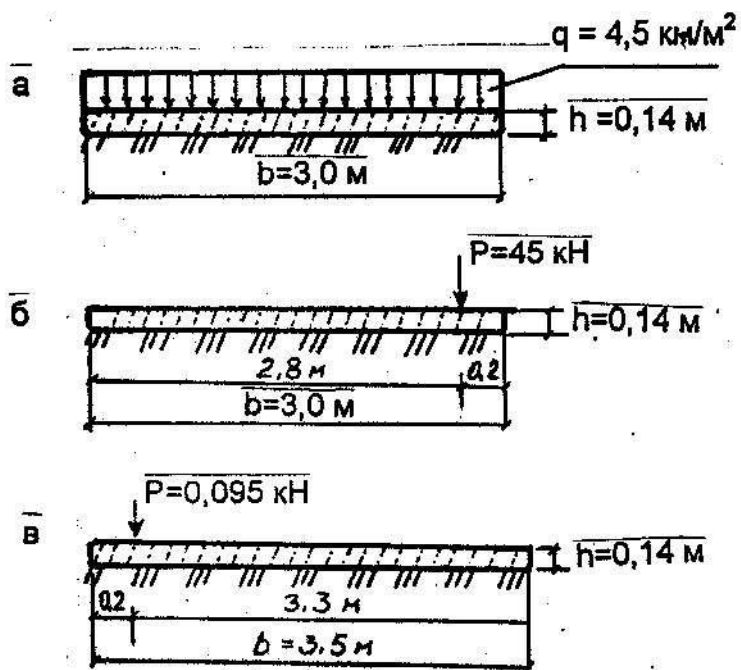
Із розрахунку виходить, що максимальний згинальний момент в облицюванні, що виникає в експлуатаційний період від ваги води, рівний $7100 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Аналогічно виконується розрахунок облицювання на сприймання навантаження від дії льоду і ваги бетоноукладача.

Визначаємо необхідну товщину плити:

$$\delta = \sqrt{\frac{3.5 \cdot 0.71}{150 \cdot 1.0}} = 0,13 \text{ м},$$

враховуючи, що різниця між розрахованим значенням товщини і наперед прийнятим не перевищує 10%, приймаємо кінцеву товщину облицювання $\delta=0,14 \text{ м}$.



а – при дії води; б – при дії бетоноукладальника; в – при дії льоду

Рис. Б.1 Схема до статичного розрахунку облицювання як конструкції на пружній основі

таблиця 5.3

Таблиця Б.1 – Результати розрахунку P, Q, M від дії рівномірно розподіленого навантаження

Зусилля	Відстані від розрахункових перетинів, м										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
\bar{P}	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,85	0,88	0,95	1,11	1,44	-
P	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,25	4,4	4,75	4,55	7,20	-
\bar{Q}	0	-0,016	-0,033	-0,046	-0,065	-0,080	-0,094	-0,103	-0,101	-0,075	0
Q	0	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,70	0,77	0,75	0,56	0
\bar{M}	0,063	0,062	0,059	0,055	0,050	0,042	0,034	0,025	0,013	0,004	0
M	0,71	0,69	0,66	0,62	0,56	0,47	0,38	0,28	0,15	0,04	0

Примітка: $P = \bar{P} \cdot q$, кН/м³

$Q = Q \cdot b \cdot l \cdot q$, кН

$M = \bar{M} \cdot b \cdot l^2 \cdot q$, кН·м